



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 48 051 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 C 19/04**  
F 16 C 33/66  
A 61 C 1/05

②1 Aktenzeichen: 198 48 051.2  
②2 Anmeldetag: 19. 10. 98  
④3 Offenlegungstag: 7. 10. 99

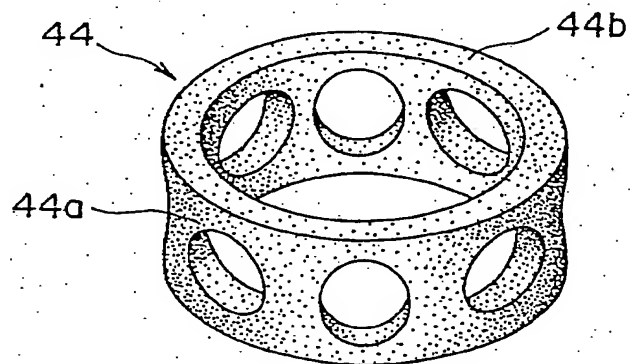
③0 Unionspriorität:  
107133/98 03. 04. 98 JP  
107134/98 03. 04. 98 JP  
  
⑦1 Anmelder:  
J. Morita Mfg. Corp., Kyoto, JP  
  
⑦A Vertreter:  
Schwan, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 81739 München

⑦2 Erfinder:  
Matusi, Akira, Kyoto, JP; Morita, Yoshinori, Hikone,  
Shiga, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Wälzlager für sich mit hoher Drehzahl drehende Vorrichtungen

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, wie beispielsweise ein Dental-Luftturbinenhandstück, welches einen inneren Ring, einen äußeren Ring, Kugeln und einen Käfig umfaßt. Der Käfig (44) besteht aus einem geformten porösen Körper aus einem Synthetikharz, beispielsweise einem Polyimidharz. Der geformte poröse Körper ist als Käfighauptkörper (44a) ausgebildet und enthält Poren (44b).



DE 198 48 051 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung auf einem Gebiet, auf welchem hohe Drehzahl und hohe Sicherheit erforderlich sind, wie beispielsweise bei elektronischen, medizinischen, Nahrungsmittel verarbeitenden oder Luft- und Raumfahrtvorrichtungen.

Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Wälzlager als Hauptelement einer mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtung, wie beispielsweise einem mit hoher Drehzahl rotierenden Zahnbohrer (zahnmedizinisches Luftturbinenhandstück), welches eine stabile Hochgeschwindigkeitsrotation sicherstellt, eine hohe Biosicherheit aufweist und hinreichend widerstandsfähig ist, um einer Sterilisationsbehandlung (Autoklavenbehandlung) unter hoher Temperatur und hohem Druck zu widerstehen.

Eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, beispielsweise ein Hochgeschwindigkeitsbohrer zum Drehen eines Bohrwerkzeugs bei hohen Drehzahlen, ist allgemein aus einer Drehwelle zum Festhalten von Bohrwerkzeugen darauf, einer Antriebseinheit zum Drehen der Drehwelle sowie einer Lagereinheit aufgebaut, die die Drehwelle drehbar lagert.

Als Beispiel für einen Hochgeschwindigkeitsbohrer dieses Typs kann ein odontotherapeutischer Hochgeschwindigkeitsbohrer (d. h. ein Luftturbinenhandstück) erwähnt werden.

Lagereinheiten für solche odontotherapeutischen Hochgeschwindigkeitsbohrer (d. h. Luftturbinenhandstücke) umfassen bekanntermaßen solche mit einem Kugellagersystem, welches Kugeln (Wälzelemente) verwendet, und solche mit einem (kontaktlosen) Luftlagersystem, welches ein Luftlager verwendet.

Kugeln aus Metall, insbesondere aus rostfreiem Stahl (martensitischer rostfreier Stahl SUS 440C) werden in weitem Umfang als Kugeln (Wälzelemente) in Kugellagersystemen auf diesem Gebiet verwendet.

Bezüglich des Lagermechanismus von zahnärztlichen Luftturbinenhandstücken sind zwei Arten bekannt, nämlich der Kugellagerturbinentyp und der Luftlagerturbinentyp.

Der Kugellagerturbinentyp kann als Hochgeschwindigkeitsrotationstyp für etwa 200 000 bis 400 000 Umdrehungen pro Minute bezeichnet werden, während der Luftlagerturbinentyp als Superhochgeschwindigkeitsrotationstyp für etwa 300 000 bis 500 000 Umdrehungen pro Minute bezeichnet werden kann.

Es ist jedoch zu beachten, daß die oben erwähnten Drehzahlen allgemeine Werte darstellen. Beispielsweise ist das Dentalluftturbinenhandstück, das von den Erfindern der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wurde (japanische Patentanmeldung Nr. HEI 6-36404, US Patent Nr. 5,562,446), von dem Kugellagerturbinentyp, weist aber eine hohe Leistungsfähigkeit auf, so daß eine Superhochgeschwindigkeitsrotation erzielt werden kann.

Um das Verständnis des Stands der Technik und der vorliegenden Erfindung zu erleichtern, wird im nachfolgenden der Aufbau einer Vorrichtung beschrieben, bei welcher ein Lager gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, wobei es sich um einen zahnmedizinischen Hochgeschwindigkeitsbohrer (d. h. um ein Dentalluftturbinenhandstück) handelt.

Fig. 1 und 2 zeigen den Aufbau des Dentalluftturbinenhandstücks, wobei Fig. 1 eine perspektivische Ansicht ist, welche den Gesamtaufbau veranschaulicht, und Fig. 2 eine Schnittansicht ist, welche den internen Aufbau eines Kopfabschnitts und eines Halsabschnitts im speziellen veranschaulicht.

Wie in Fig. 1 dargestellt, umfaßt das allgemein mit dem Bezugszeichen A bezeichnete Dentalluftturbinenhandstück einen Kopfabschnitt H, welcher ein Schneidewerkzeug B (5) trägt, welches fest auf einer Rotorwelle (Antriebswelle) einer Luftturbine gehalten ist, sowie einen Griffabschnitt G.

Ein Halsabschnitt N des Griffabschnitts G ist mit dem Kopfabschnitt H verbunden, und er ist im Inneren mit einer Vorrichtung versehen, um komprimierte Luft einer in dem Kopfabschnitt H angeordneten Luftturbine zuzuführen und um komprimierte Luft von der Luftturbine abzuleiten.

Fig. 2 zeigt den inneren Aufbau des Kopfabschnittes H und des Halsabschnittes N des Dentalluftturbinenhandstücks A.

Wie in Fig. 2 veranschaulicht, ist in dem Kopfabschnitt H eine Turbinenrotorwelle 3, die an ihrem Umfang mit Turbinenschaufeln 2 versehen ist, in einer Kammer 11 eines Kopfes 1 angeordnet, wobei sie innerhalb des Kopfes 1 mittels einer Lagereinheit 4 drehbar gelagert ist.

Der Kopf 1 besteht aus einem Kopfhauptteil 12 und einem Kappenteil 13. Die Lagereinheit 4 ist innerhalb des Kopfhauptteils 12 angeordnet, um die Turbinenrotorwelle 3 drehbar zu lagern. Um eine Behandlung auszuführen, ist ein Bohrwerkzeug 5 fest in einer Bohrung gehalten, welche durch die Turbinenrotorwelle 3 hindurch entlang ihrer Mittelachse ausgebildet ist. Das Bohrwerkzeug 5 ist an seiner Umfangsseitenwand mit einem Futter 51 verbunden, damit das Bohrwerkzeug 5 innerhalb der Bohrung an Ort und Stelle gehalten wird.

Wie in Fig. 2 dargestellt, ist die Lagereinheit 4 als Kugellager ausgebildet und weist einen inneren Ring 41, einen äußeren Ring 42, Wälzelemente 43 und einen Käfig 44 auf. Die Lagereinheit 4 kann auf dem Außenumfang oder der Seitenwand mit O-Ringen versehen sein, um der Lagereinheit eine Selbstzentrierungsfunktion zu verleihen, und/oder sie kann mit bekannten Wellenscheiben versehen sein, um die Steifigkeit der Welle zu erhöhen.

Auf dem vorliegenden Gebiet sind die Wälzelemente 43 allgemein japanischem Industriestandard (JIS); die bereits oben erwähnt. Der innere Ring 41 und der äußere Ring 42 werden auch "Laufflächen" genannt und sind ebenfalls aus rostfreiem Stahl (martensitischem rostfreiem Stahl, beispielsweise SUS 440C gemäß japanischem Industriestandard (JIS)); die bereits oben erwähnt. Der Käfig 44 ist aus nichtporösem oder porösem synthetischen Harz oder ähnlichem gefertigt.

Die oben erwähnten Sorten von rostfreiem Stahl (SUS 440C und NSS 125) weisen die folgende chemische Zusammensetzung auf (Angaben in Prozent):

- (i) SUS 440C: C 0,95–1,2; Si  $\leq$  1,00; Mn  $\leq$  1,00; P  $\leq$  0,04; S  $\leq$  0,03; Ni  $\leq$  0,60; Cr 16,0–18,0; Mo  $\leq$  0,75.
- (ii) NSS 125: C 0,60–0,75; Si  $\leq$  0,35; Mn 0,60–0,80; P  $\leq$  0,03; S  $\leq$  0,0; Ni  $\leq$  0,60; Cr 11,5–13,5; Mo  $\leq$  0,20.

Wie in Fig. 2 veranschaulicht, ist ein Hauptteil 6 des Halsabschnittes N mit einem Luftzufuhrdurchlaß 7 und einem

Lufteinlaß 71 zur Versorgung der in der Kammer 11 angeordneten Turbinenschaufeln 2 mit komprimierter Luft sowie mit Luftauslaßdurchlässen 8, 9 und Luftauslässen 81, 91 versehen, um komprimierte Luft aus der Kammer 11 abzuleiten.

Bei dem oben beschriebenen inneren Aufbau des Dentalluftturbinenhandstücks A gemäß Fig. 2 ist die Einrichtung zum Zuführen und Ableiten von komprimierter Luft von der Art, wie sie von den Erfindern der vorliegenden Erfindung bereits vorgeschlagen wurde (japanische Patentanmeldung HEI 6-36404, US Patent 5,562,446).

Das Dentalluftturbinenhandstück A, welches mit den in Fig. 2 gezeigten Luftzufuhr- und -auslaßmitteln versehen ist und bereits von den Erfindern der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen wurde, gehört zur Kategorie konventioneller Handstücke mit eingebautem Wälzlager, ermöglicht jedoch das Erreichen einer Rotation mit extrem hoher Drehzahl und folglich einem hohen Drehmoment, wie dies oben beschrieben wurde.

Als nächstes werden die für Vorrichtungen, welche mit hoher Drehzahl rotieren, wie beispielsweise das in Fig. 2 gezeigte Dentalluftturbinenhandstück des Kugellagertyps, erforderlichen Eigenschaften beschrieben.

Bei dem in Fig. 2 beschriebenen Dentalluftturbinenhandstück vom Kugellagertyp ist die Lagereinheit in Form einer Miniaturlagereinheit ausgebildet. Da sich die Turbinenrotorwelle mit einer hohen Drehzahl von etwa 200 000 bis 400 000 Umdrehungen pro Minute dreht, steigt die Temperatur im Inneren der Lagereinheit auf einen hohen Wert an und ferner wird die Lagereinheit einer großen Spannung ausgesetzt. Der Aufbau der Bauteile der Lagereinheit ist deshalb von Bedeutung.

Bezüglich des bei einem Lager, welches unter den oben beschriebenen harten Bedingungen eingesetzt wird, zu verwendenden Schmieröls ist es extrem wichtig, dessen Qualität und Eigenschaften zu kontrollieren. Das Schmieröl muß exzellente Eigenschaften, wie beispielsweise Oxidationsbeständigkeit und das Erlauben von hohen Drehzahlen, sowie die Stabilität dieser Eigenschaften über einen längeren Zeitraum aufweisen.

Ferner wird das oben beschriebene Dentalluftturbinenhandstück vom Kugellagertyp in der Mundhöhle verwendet. Folglich wird das Dentalluftturbinenhandstück verwendet, indem ein Schmieröl kurz vor dem Einsatz auf die Lagereinheit gesprüht oder getropft wird, mit anderen Worten, es wird in einer Umgebung mit minimaler Schmierung verwendet, und das Dentalluftturbinenhandstück wird zwecks Sterilisation und Desinfektion (was auch als "Autoklavenbehandlung" bezeichnet wird und folgende Bedingungen umfaßt: Wasserdampfdruck von 235 kPa (2,4 kgf/cm<sup>2</sup>); Temperatur von 135°C; Zeitdauer von 5 Minuten) einer Behandlung mit hohem Druck und hoher Temperatur unterworfen.

Ein Wälzlager zur Verwendung in dem oben beschriebenen Dentalluftturbinenhandstück muß deshalb die oben beschriebenen Bedingungen erfüllen können. Insbesondere müssen die Wälzlager und der Käfig, welche wichtige Elemente in einem geschmierten System darstellen, zufriedenstellende Bedingungen erfüllen können, die den oben erwähnten ähnlich sind.

Herkömmlicherweise wurden Wälzelemente (Kugeln) als wichtiges Element eines Wälzlagers zur Verwendung bei dem oben beschriebenen Dentalluftturbinenhandstück im Hinblick auf die oben beschriebenen harten Umgebungsbedingungen allgemein aus rostfreiem Stahl (SUS 440C) gefertigt. Im Hinblick auf die oben beschriebenen Eigenschaftsanforderungen werden Käfige aus Polyimidharzen oder Faserlagen enthaltenden Phenolharzen gefertigt. Jedoch können diese herkömmlichen Lager keine hinreichend guten Eigenschaften zeigen, wie dies nachfolgend detailliert beschrieben wird.

Als Schmieröle für Wälzlager bei mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtungen wurde auf dem vorliegenden Gebiet eine Vielzahl von Schmierölen verwendet oder vorgeschlagen.

Beispielsweise wird es weithin praktiziert, Schmieröl mittels Sprühen mit FLON oder Flüssiggas (LPG) zuzuführen. Als Schmieröle sind solche bekannt, die raffiniertes Mineralöl, wie beispielsweise Paraffin, als Basisöle verwenden.

Die oben beschriebenen Schmieröle basieren typischerweise auf Erdöl und werden mittels Fraktionieren und Raffinieren von Erdöl in verschiedene Fraktionen unter Einschluß von Zusätzen, wie beispielsweise einem Oxidationshemmer nach Bedarf, hergestellt.

Als Basisölkomponenten der oben beschriebenen Schmieröle sind zusätzlich zu natürlichen Mineralölen synthetische Öle bekannt, wie beispielsweise Glykolester und Polyolefine mit niedrigem Molekulargewicht.

Ferner sind Speiseöle, wie beispielsweise Tier- und Pflanzenöle, hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit als Schmieröle für Präzisionsmaschinen, Maschinenwerkzeuge, Schiffsmotoren und ähnliches bekannt. Im allgemeinen werden jedoch die oben beschriebenen Speiseöle verwendet, indem sie in einem Anteil von 10 bis 20 Gewichtsprozent einem Schmieröl auf Mineralölbasis zugesetzt werden.

Bei den oben beschriebenen Speiseölen ist die Oxidationsbeständigkeit ein Problem. Deshalb werden solche Speiseöle gewöhnlich in Kombination mit einem oder mehreren Oxidationsstabilisatoren (Oxidationshemmern) verwendet.

Im Hinblick auf die oben beschriebenen harten Einsatzbedingungen für Dentalluftturbinenhandstücke wurden in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. HEI 5-43884 und der offengelegten japanischen Gebrauchsmusteranmeldung (Kokai) Nr. HEI 7-10553 Dentalluftturbinenhandstücke vorgeschlagen, die mit Käfigen ausgerüstet sind, die mit fluorierten Ölen imprägniert sind, welche exzellente Wärmefestigkeit sowie ein hervorragendes Schmiervermögen aufweisen und eine Sterilisierung und Desinfektion (Autoklavenbehandlung) erlauben.

Die Käfige liegen in Form von porösen Bauteilen vor, die mittels Sintern von Grünlingen aus einem Polyimidharz erhalten werden.

Die fluorierten Öle weisen Eigenschaften dergestalt auf daß sie inaktiv sind, eine hervorragende Hitzebeständigkeit, chemische Beständigkeit und Lösungsmittelfestigkeit aufweisen und selbst dann keine festen Ausscheidungen bilden, wenn sie hohen Temperaturen ausgesetzt werden.

Die offengelegte japanische Patentanmeldung (Kokai) Nr. HEI 6-165790 offenbart ein Verfahren zum Imprägnieren eines Schnappkäfigs eines Kugellagers in einem Dentalluftturbinenhandstück, welches später kurz beschrieben wird, mit einem Schmieröl, obschon der direkte Anmeldungsgegenstand der Schnappkäfig selbst ist.

Der Käfig des in jener Anmeldung beschriebenen Kugellagers ist dadurch gekennzeichnet, daß

- (i) der Käfig ein Schnappkäfig ist, bei welchem eine kugelhaltende Tasche auf einer Seite eines Synthetikharzzy-linders ausgebildet ist, der eine darin befindliche Faserlage aus Gewebe aufweist, wobei abgeschrägte Abschnitte

auf öffnungsseifigen Endrändern der Tasche ausgebildet sind; und  
 (ii) die Faserlage des Käfigs mit einem Schmieröl imprägniert ist.

Der Schnappkäfig des in jener Anmeldung beschriebenen Kugellagers soll mittels des Merkmals (i) die Auswuchtung der Drehung verbessern, wodurch der Käfig vor Verschleiß geschützt wird und ein Anstieg des Drehmoments vermieden wird, wobei beides sonst aufgrund eines Kontakts zwischen dem Käfig und dem äußeren Ring auftreten würde.

Jedoch sind bestimmte Details der Wälzelemente und des Schmieröls in jener Anmeldung nicht klar. So ist die spezielle Zusammensetzung des Speiseöls nicht offenbart, obschon angegeben wird, daß das Verfahren zum Einbringen des Speiseöls in ein Gehäuse bekannt sei.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung glauben, daß das in jener Anmeldung offenbarte Schmieröl hinsichtlich der technischen Anforderungen auf dem vorliegenden Gebiet nicht besser geeignet ist als die herkömmlicherweise vorgeschlagenen Schmieröle.

Die offengelegte japanische Patentanmeldung (Kokai) Nr. HEI 6-212179 offenbart das Mischen eines Keramikpulvers in ein Schmieröl, um die Nachfüllhäufigkeit des Schmieröls für das Lager eines Dentalluftturbinenhandstücks zu verringern. Dies stellt einen Vorschlag dar, der auf der Erkenntnis beruht, daß das vorherige Mischen von Keramikpulver in ein Schmieröl die Lebensdauer des Schmieröls erhöhen kann.

Die oben beschriebenen verschiedenen Schmieröle, die bisher vorgeschlagen wurden, weisen immer noch verschiedene Nachteile auf, welche verbessert werden sollten, um ihre Anwendung in mit hohen Drehzahlen rotierenden Vorrichtungen, wie beispielsweise odontotherapeutischen Luftturbinenhandstücken mit Wälzlageren zu erlauben.

Beispielsweise besteht bei den oben beschriebenen Schmierölen auf Mineralölbasis, wie beispielsweise auf Flüssigparaffinbasis, oder auf Synthetikölbasis oder bei den mittels Zusatz von Speiseölen erhaltenen Schmierölen immer noch ein Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Biosicherheit und des Umweltschutzes, einschließlich der Verringerung der Verwendungsmenge.

Die in der oben erwähnten japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. HEI 5-43884 und der offengelegten japanischen Gebrauchsmusteranmeldung (Kokai) Nr. HEI 7-10553 vorgeschlagenen fluorierten Öle, wie beispielsweise Perfluorpolyether (PFPE) und Perfluorpolyalkylether (PFAE) sind exzellent bezüglich Hitzebeständigkeit, chemischer Beständigkeit und Lösungsmittelbeständigkeit, und bilden selbst dann keine festen Ausscheidungen, wenn sie hohen Temperaturen ausgesetzt werden. Sie werden deshalb als Schmieröle für mit hohen Drehzahlen rotierende Vorrichtungen bevorzugt. Dennoch sind sie immer noch hinsichtlich des Umweltschutzes und der Biosicherheit, einschließlich der Verringerung ihrer Verwendungsmenge, verbesserungsbedürftig.

Die oben erwähnte offengelegte japanische Patentanmeldung (Kokai) Nr. HEI 6-165790 offenbart das Imprägnieren eines Käfigs eines Wälzlagers, der aus einem geformten Bauteil hergestellt ist, das aus Phenolharz hergestellt ist und eine Faserlage aufweist, mit einem Schmieröl und schlägt die Verwendung eines Speiseöls als das oben beschriebene Schmieröl vor. Wie nachfolgend detailliert beschrieben wird, sind die allermeisten Speiseöle trocknende Öle, und wenn sie trocken werden, werden sie zu harzartigen Feststoffen. Sie sind folglich nicht als dauerhafte Schmieröle für Lager geeignet.

Wie oben beschrieben, sind die meisten Speiseöle trocknende Öle und sind für Oxidation anfällig. Es ist deshalb übliche Praxis, sie unter Zusatz eines synthetischen Oxidationshemmers zu verwenden. Hinsichtlich eines Schmieröls auf Speiseölbasis, das hauptsächlich aus dem oben erwähnten trocknenden Öl unter Zusatz eines Oxidationshemmers besteht, ist das potentielle Risiko zu bedenken, daß ein Reaktionsprodukt, das zwischen dem Oxidationshemmer und einem aus einem Lagersystem herausgelösten Metall gebildet wird, ein für den Körper schädliches Material sein kann.

Gemäß der oben beschriebenen offengelegten japanischen Patentanmeldung (Kokai) Nr. HEI 6-212179 wird ein Keramikpulver in ein Schmieröl gemischt, um die Lebensdauer des Schmieröls zu verbessern, so daß die Nachfüllhäufigkeit des Schmieröls in ein geschmiertes System verringert werden kann. Bei einem odontotherapeutischen Bohrer des Hochgeschwindigkeitsrotationstyps (Luftturbinenhandstück) werden jedoch die Lauffläche (Käfig) und die Kugeln des Lagers von dem Keramikpulver abgeschliffen, so daß ein für den Körper schädliches Metall herausgelöst werden kann, oder es kann eine ernsthafte Beschädigung des Lagermechanismus auftreten, wenn das Schmieröl unter den Bedingungen minimaler Schmierung knapp wird.

Bei der Verwendung in mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtungen, z. B. odontotherapeutischen Hochgeschwindigkeitsbohrern (Luftturbinenhandstücken) sind, wie oben beschrieben, herkömmliche Schmieröle für Wälzlager immer noch hinsichtlich der folgenden Anforderungen mit Nachteilen behaftet:

- (i) Biosicherheit (verringerte Schädlichkeit für den Körper),
- (ii) Umweltschutz (Sicherheit),
- (iii) Hitzebeständigkeit (Möglichkeit der Sterilisation und Desinfektion mittels Autoklavenbehandlung),
- (iv) Beständigkeit, und
- (v) Verbesserungen der Hochgeschwindigkeitsrotationseigenschaften.

Die vorliegende Erfindung wurde hinsichtlich der oben beschriebenen Probleme der Lager in herkömmlichen mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtungen gemacht.

Die direkte Motivation für die vorliegende Erfindung bestand in dem Fehlen eines Wälzlagers mit exzellenten Eigenschaften für Dentalluftturbinenhandstücke, die sich mit hoher Drehzahl drehen und eine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen und von dem Kugellagerturbinentyp sind, wie er von den Erfindern der vorliegenden Erfindung bereits in der japanischen Patentanmeldung Nr. HEI 6-36404 und dem US-Patent 5,562,446 vorgeschlagen wurde.

Die Erfinder führten eine intensive Untersuchung durch hinsichtlich der Entwicklung einer Maßnahme zum Erfüllen der hohen Anforderungen beim Erreichen einer Drehung mit noch höherer Drehzahl und einer Verbesserung der Dauerhaftigkeit bei Hochgeschwindigkeitsrotation hinsichtlich Wälzlageren für mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtungen, insbesondere hinsichtlich der wichtigen Elemente eines Lagersystems, d. h. Wälzelemente (Kugeln), einem Käfig zum

Halten der Wälzelemente (Kugeln) sowie einem Schmieröl.

Als Ergebnis stellte sich heraus, daß ein geschmiertes System mit exzellenten Eigenschaften, wie man sie im Stand der Technik nicht findet, erzielt werden kann, wenn Kugeln aus einem anorganischen Material, wie beispielsweise kristallisiertem Glas oder vorgespanntem Glas; anstelle von herkömmlichen Kugeln aus rostfreiem Stahl verwendet werden, der Käfig aus einem Formkörper eines speziellen porösen Harz aufgebaut ist und ein spezielles Schmieröl, beispielsweise ein nicht trocknendes Pflanzenöl, mit den anorganischen Kugeln und dem Käfig verwendet wird, der aus einem geformten Körper aus dem porösen Harz gebildet ist.

Die vorliegende Erfindung basiert auf den oben beschriebenen Erkenntnissen.

Ein erfindungsgemäßes Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung kann eine weit höhere Leistungsfähigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Wälzlager erzielen, wie dies nachfolgend anhand von Beispielen erläutert wird.

Bei jedem herkömmlichen Wälzlager, mit welchem das erfindungsgemäße Wälzlager verglichen wird,

- (i) sind die Wälzelemente (Kugeln) aus einem Metall gefertigt, insbesondere rostfreiem Stahl (SUS 440C); und
- (ii-1) ist der Käfig aus einem nichtporösen Synthetikharz ("nichtporös" kann in der vorliegenden Beschreibung auch als "massiv" bezeichnet werden) gefertigt, oder
- (ii-2) der Käfig ist aus einem porösen Synthetikharz gefertigt.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Wälzlager mit hohem Leistungsvermögen, so daß es als Wälzlager für eine Hochgeschwindigkeitsbohrvorrichtung, wie beispielsweise einem Dentalluftturbinenhandstück mit eingebautem Wälzlager, noch höhere Drehzahlen erreichen kann, und es weist bei Rotation mit hoher Drehzahl eine hinreichende Dauerhaftigkeit auf, besitzt eine hinreichende Hitzebeständigkeit, um hohen Temperaturen und hohem Druck, wie beispielsweise bei einer Autoklavsterilisierung, zu widerstehen und ist vorzüglich hinsichtlich Biosicherheit (Unschädlichkeit für den Körper) und Umweltschutz (Sicherheit).

Mit anderen Worten schafft die vorliegende Erfindung ein Wälzlager als Hauptelement in einer mit hoher Geschwindigkeit rotierenden Vorrichtung des Kugellagertyps, die bei 300 000 Umdrehungen oder mehr oder selbst bei 400 000 Umdrehungen oder mehr betrieben wird, wie beispielsweise in einem odontotherapeutischen Hochgeschwindigkeitsbohrer, wobei das erfindungsgemäße Wälzlager wesentlich höhere Drehzahlen als herkömmliche Lager erzielen kann, die Kugellager mit Wälzelementen (Kugeln) aus einem Metall (rostfreier Stahl) verwenden, und es kann somit ein dauerhaftes geschmiertes System bilden.

Die Verwendung eines nicht trocknenden Pflanzenöls oder eines Öl-absorbierenden Stoffes, welcher aus dem nicht trocknenden Pflanzenöl und Öl-absorbierenden Harzpartikeln zusammengesetzt ist, anstelle eines Synthetiköls, wie beispielsweise Paraffinöl (Mineralöl) oder eines fluorierten Öls, welche in weitem Umfang viele Jahre lang verwendet wurden, als Schmieröl für Wälzelemente (Kugeln), die aus einem nichtmetallischen Material, wie beispielsweise Siliziumnitrid, gefertigt sind, speziell in dem erfindungsgemäßen Wälzlager ermöglicht das Erzielen von exzellenten vorteilhaften Effekten, die bei herkömmlichen Lagern nicht beobachtet werden konnten.

Das erfindungsgemäße Wälzlager kann in Anwesenheit des oben beschriebenen Schmieröls (ein nicht trocknendes Pflanzenöl oder ein durch Zusatz eines Öl-absorbierenden Stoffes zu dem nicht trocknenden Pflanzenöl hergestelltes Schmieröl) bezüglich der Hochgeschwindigkeitsrotationsleistungsfähigkeit, welche den wichtigsten Aspekt darstellt, insbesondere bei dem Hochgeschwindigkeitsdrehvermögen (die bei vorbestimmten Luftzufuhrdruck und vorbestimmter Luftzufuhrmenge maximal erreichbare Drehzahl) und der Rotationsdurchhaltezeit (der Zeitdauer, bis die maximale Drehzahl, die bei dem oben beschriebenen Hochgeschwindigkeitsrotationsvermögentest erzielt wird, ohne Zufuhr von zusätzlichem Schmieröl um 10% gesunken ist), wesentliche Verbesserungen des Leistungsvermögens erzielen.

In Anwesenheit des oben beschriebenen Schmieröls (des nicht trocknenden Pflanzenöls oder des mittels Zusetzen eines Öl-absorbierenden Stoffes zu dem nicht trocknenden Pflanzenöl hergestellten Schmieröls) können weitere, nachstehend beschriebene vorteilhafte Effekte erzielt werden.

- (i) Das Schmieröl ist hervorragend bezüglich verschiedener Eigenschaften, d. h. Biosicherheit (Unschädlichkeit für den Körper), Umweltschutz (Sicherheit) sowie Hitzebeständigkeit (Autoklavbeständigkeit). Ferner ist es auch in ökonomischer Hinsicht hervorragend, da seine Kosten niedriger sind als diejenigen von Schmierölen auf der Basis von fluoriertem Öl.
- (ii) Pflanzenöle, die keine nicht trocknenden Pflanzenöle sind, wie beispielsweise halbtrocknende Öle und trocknende Öle, und Paraffinöl (Flüssigparaffin) sind beim Testen beträchtlichen Farbänderungen unterworfen, beispielsweise nach 175 Stunden bei 135°C an Luft. Mit anderen Worten, diese verschiedenartigen Öle sind hinsichtlich der Oxidationsbeständigkeit unterlegen. Im Gegensatz dazu zeigen nicht trocknende Pflanzenöle, wie beispielsweise Olivenöl und Erdnußöl, keine Farbänderungen.
- (iii) Das Schmieröl, welches hauptsächlich aus einem nicht trocknenden Pflanzenöl besteht und in einem Wälzlager in einer mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtung, wie beispielsweise einem Dentalluftturbinenhandstück, verwendbar ist, weist eine hohe biologische Abbaugeschwindigkeit auf und ist, selbst bei einer Bewertung basierend auf den "Übergangswasserqualitätsstandards für Abwässer" (interim water quality standards for effluence, einer Anordnung des japanischen Premierministers) stärker zu bevorzugen als herkömmliche Mineralöle. Gemäß diesen Standards beträgt der zulässige Grenzwert für Abwässer im Fall von Pflanzenölen 30 mg/l im Gegensatz zu 5 mg/l für herkömmliche Mineralöle.
- (iv) Das erfindungsgemäße Wälzlager, welches nicht metallische anorganische Kugeln verwendet, hat ferner den Vorteil, daß es keine Geräusche verursacht, wie er im Falle eines Wälzlagers, welches Kugeln und Laufflächen aus Metall verwendet, von den auf den Laufflächen aus Metall laufenden Metallkugeln erzeugt wird, und daß es auch im Vergleich mit einem Wälzlager, welches einen Massivkäfig aus nicht porösem Synthetikharz verwendet, extrem leise (geräuschlos) ist.

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Dentalluftturbinenhandstücks, welches ein Wälzlager gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;

Fig. 2 ist eine Schnittansicht eines Kopfabschnitts und eines Halsabschnitts des Dentalluftturbinenhandstücks von Fig. 1;

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht des in Fig. 2 gezeigten Käfigs;

Fig. 4 ist eine Querschnittansicht ähnlich zu Fig. 2, wobei jedoch ein Dentalluftturbinenhandstück dargestellt ist, das ein Wälzlager gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist; und

Fig. 5 ist eine Schnittansicht des in Fig. 4 gezeigten Käfigs.

Im folgenden ist die Erfindung anhand von zwei Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

Bei dem erfindungsgemäßen Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung besteht das erste Merkmal darin, daß die Wälzelemente (Kugeln) als Hauptelement des Wälzlagers nichtmetallische anorganische Kugeln statt der herkömmlich verwendeten Kugeln aus Metall sind. Das zweite Merkmal besteht darin, daß der Käfig von dem geformten porösen Körper aus dem spezifischen Matrixmaterial gebildet wird.

Das dritte Merkmal des erfindungsgemäßen Wälzlagers für mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtungen besteht darin, daß beim Aufbau des Lagers ein spezifisches Schmieröl, beispielsweise ein aus einem nicht trocknenden Pflanzenöl bestehendes Schmieröl, auf die Wälzelemente (Kugeln) aus dem speziellen Material und den Käfig gebracht wird.

Das erfindungsgemäße Wälzlager für mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtungen kann aufgrund der systematischen Wirkung der oben beschriebenen drei Merkmale hervorragende vorteilhafte Effekte zeigen, wie dies im folgenden beschrieben wird.

Die Erfindung wird im folgenden in der Reihenfolge der oben beschriebenen Merkmale beschrieben.

Zuerst wird das erste Merkmal des erfindungsgemäßen Wälzlagers für mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtungen beschrieben, d. h. es wird zuerst der Aufbau der Wälzelemente (Kugeln) als Hauptelement des Wälzlagers beschrieben.

Wie oben beschrieben, wurden herkömmlicherweise Kugeln aus rostfreiem Stahl (beispielsweise martensitischem rostfreiem Stahl SUS 440C), allgemein als Wälzelemente (Kugeln) für Wälzlager des obigen Typs verwendet.

Bei der vorliegenden Erfindung werden jedoch nichtmetallische anorganische Kugeln anstelle von herkömmlichen Kugeln aus rostfreiem Stahl verwendet, um eine Hochgeschwindigkeitsrotation mit noch höherer Drehzahl und eine Geräuschverminderung bei der Hochgeschwindigkeitsrotation zu erreichen, den Verschleiß durch Kontakt mit anderen Bauteilen des Lagers bei der Hochgeschwindigkeitsrotation zu verringern, weniger Wärme bei der Hochgeschwindigkeitsrotation zu erzeugen und eine Kompatibilität mit einem nicht trocknenden Pflanzenöl als spezielles Schmieröl, wie es nachfolgend beschrieben wird, und ähnliches zu erreichen.

Als die nichtmetallischen anorganischen Kugeln zur Verwendung als Wälzelemente bei der vorliegenden Erfindung können solche verwendet werden, die aus einem Nichtoxid-Keramikmaterial, einem Oxidkeramikmaterial, einem hitzefesten Glasmaterial oder einem kristallisierten Glasmaterial gefertigt sind.

Beispiele für die Nichtoxid-Keramikmaterialien sind Nitride, Karbide und Boride. Beispiele für die oben erwähnten anorganischen Kugeln sind solche aus Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), Siliziumkarbid ( $\text{SiC}$ ), Bornitrid ( $\text{BN}$ ), Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Zirkonoxid, Zirkoniumdioxid ( $\text{ZrO}_2$ ), "Pyrex" (Produktbezeichnung der Corning Glass Works), und "Telex" (Produktbezeichnung der Toshiba Corp.) als hitzefeste Glasmaterialien sowie "Neoceram" (Produktbezeichnung der Nippon Electric Glass Co., Ltd.) als kristallisiertes Glasmaterial.

Bei der vorliegenden Erfindung soll der Begriff "anorganische Kugeln" auch Kugeln aus Oxynitriden mit Zusammensetzungen, die zwischen Nitriden und Oxiden liegen, wie beispielsweise Sialon vorgestellt werden.

Als nächstes wird das zweite Merkmal des erfindungsgemäßen Wälzlagers für Hochgeschwindigkeitswälzvorrichtungen beschrieben, d. h. es wird der Aufbau des Käfigs als weiteres Hauptelement des Wälzelements beschrieben.

Der erfindungsgemäße Käfig ist dadurch gekennzeichnet, daß von einem geformten porösen Synthetikharzkörper mit einem porösen Abschnitt mit zusammenhängender Struktur in mindestens einem Teil gebildet wird.

Im folgenden wird eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Käfigs beschrieben, bei welcher der Käfig von einem geformten porösen Körper aus einem Polyimidharz gebildet wird.

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht eines Käfigs 44, der von einem solchen geformten porösen Körper aus einem Polyimidharz gebildet wird. In Fig. 3 bezeichnet das Bezugszeichen 44a den Hauptteil des Käfigs, und das Bezugszeichen 44b bezeichnet Poren.

Der Käfig 44 wird in dem Dentalluftturbinenhandstück des Kugellagertyps, wie es unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 beschrieben wurde, verwendet.

Bei dem erfindungsgemäßen Käfig, der von dem geformten porösen Polyimidharzkörper gebildet wird, ist das Polyimidharz (im folgenden als "das PI-Harz" abgekürzt bezeichnet) ein thermoplastisches oder ein wärmehärtbares Harz, welches erhalten wird, indem eine aromatische Karbonsäure und ein aromatisches Amin einer Kondensationspolymerisation unterzogen werden, und welches Imidbindungen in seiner Hauptkette enthält. Das PI-Harz weist hervorragende Hitzefestigkeit, hervorragende chemische Beständigkeit, hervorragende mechanische Eigenschaften sowie hervorragende elektrische Eigenschaften auf.

Bei der vorliegenden Erfindung soll der Begriff "PI-Harz" so verstanden werden, daß er auch Polyamid-Imid-Harze (im folgenden als "PAI-Harze" abgekürzt bezeichnet) umfaßt, welche in ihrer Hauptkette Imidbindungen und Amidbindungen enthalten.

Bei der vorliegenden Erfindung kann ein kommerziell erhältliches PI-Harz oder PAI-Harz geeigneterweise verwendet werden, um den Käfig zu formen.

Als Beispiele für kommerziell erhältliche PI-Harze und PAI-Harze seien die folgenden Harze einschließlich ihrer chemischen Strukturformeln genannt:

(i) PI-Harze:

(1) "P84-HT" (Produktbezeichnung der Lenzing AG, Österreich; dargestellt durch die unten angegebene che-



mische Formel (1), in welcher R eine Alkylen-Gruppe darstellt);

(2) "TI-3000" (Produktbezeichnung der Toray Industries Inc.; dargestellt durch die unten angegebene chemische Formel (2));

(3) "UIP-S" (Produktbezeichnung der Ube Industries Ltd.; dargestellt durch die unten angegebene chemische Formel (3));

(4) "Vespal" (Produktbezeichnung der E.I. du Pont de Nemours & Co., Ltd.; dargestellt durch die unten angegebene chemische Formel (2));

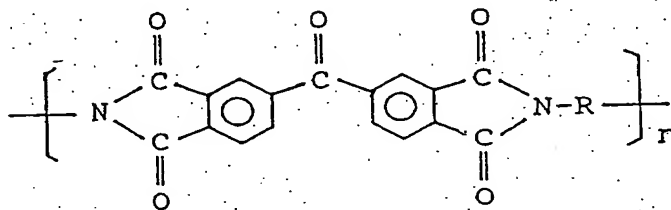
(5) "Aurum" (Produktbezeichnung der Mitsui-Toatsu Chemicals Inc.; dargestellt durch die unten angegebene chemische Formel (4)); und

(6) sonstige, einschließlich "Meldin 8100" und "Meldin 900", welche Produktbezeichnungen der Hylon, USA, sind.

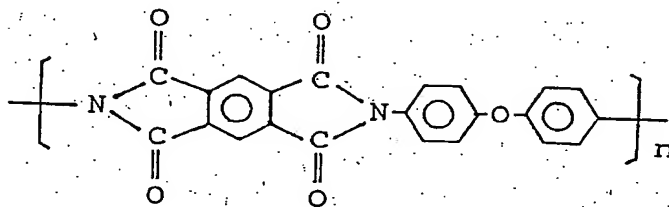
(ii) PAI-Harze:

(1) "Torlon 4000 TF" (Produktbezeichnung der Amoco Chemical Corp.; dargestellt durch die unten angegebene chemische Formel (5), wobei Ar eine Phenylengruppe darstellt).

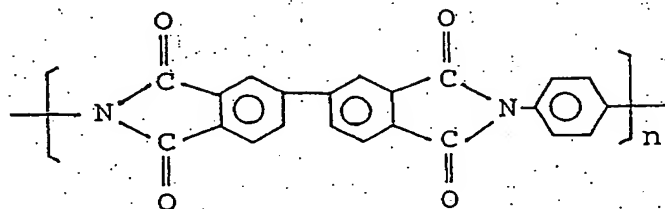
Chemische Formel (1)



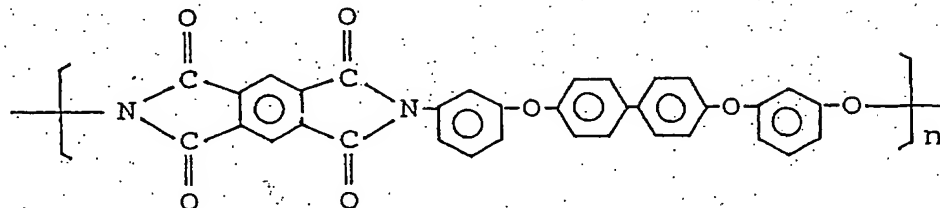
Chemische Formel (2)



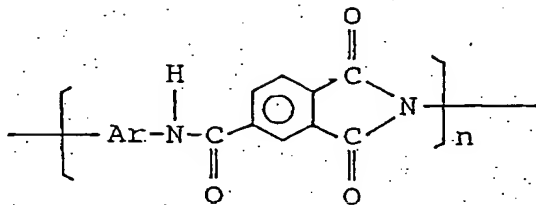
Chemische Formel (3)



Chemische Formel (4)



## Chemische Formel (5)



Der von dem oben beschriebenen geformten porösen PAI-Harzkörper gebildete Käfig kann hergestellt werden, indem PAI-Harzpulver mit einer mittleren Partikelgröße, die wie in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. HEI 5-43884 beschrieben, mittels Sieben und Klassieren im Bereich von 15 bis 50 µm liegt, verdichtet und gesintert wird.

Indem die durchschnittliche Partikelgröße des Harzpulvers, der Druck und ähnliches in gewünschter Weise bei diesem Sinterformen eingestellt werden, wird der Käfig mit einer porösen Struktur hergestellt, die 5 bis 20 Vol.-% miteinander in Verbindung stehender Poren enthält. Wie nachfolgend detailliert beschrieben wird, werden die miteinander in Verbindung stehenden Poren als nächstes mit einem speziellen Schmieröl (Basisöl: nicht trocknendes Pflanzenöl) imprägniert, um den erfindungsgemäßen Käfig herzustellen.

Falls Pulver mit einer Partikelgröße von weniger als 15 µm als Rohmaterial in das Harzpulver gemischt wird, füllen sich die Poren, d. h. die Leerräume, in dem von dem geformten porösen PM-Harzkörper gebildeten Käfig mit solchem feinen Pulver. Dies führt zu Schwankungen der Porositätswerte der Produkte, weshalb die oben beschriebene Klassierung und das oben beschriebene Sieben erforderlich sind.

Falls dagegen Pulver mit Partikelgrößen von mehr als 50 µm beigemischt werden, bilden sich große Leerräume zwischen Teilchen, so daß das Rückhaltevermögen bezüglich des Imprägnieröls während Rotation mit hoher Drehzahl verringert wird und ferner die Festigkeit des Käfigs verringert wird. Das Beimischen von Pulver mit solch großer Partikelgröße wird deshalb nicht bevorzugt.

Fig. 4 und 5 veranschaulichen eine weitere Ausführungsform des Käfigs 44, der von dem geformten porösen PAI-Harzkörper gebildet wird.

Insbesondere veranschaulicht Fig. 4 ein Dentalluftturbinehandstück mit einer Struktur, die sich von dem oben beschriebenen Handstück unterscheidet, das als ein Anwendungsbeispiel eines Käfigs 44 in Fig. 2 dargestellt ist. Eine Beschreibung der Struktur des Dentalluftturbinehandstücks gemäß Fig. 4 wird unterlassen, da diese aus der entsprechenden oben beschriebenen Fig. 2 klar ist. Obschon dies in der Zeichnung nicht dargestellt ist, kann das Lager mit einer Dichtung versehen sein.

Fig. 5 veranschaulicht die Form und Struktur des Käfigs 44 und entspricht der oben beschriebenen Fig. 3. In Fig. 5 bezeichnet das Bezugszeichen 44a das Hauptkäfigteil, während das Bezugszeichen 44b Poren bezeichnet.

Im folgenden wird die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Käfigs beschrieben, welche von einem geformten porösen PI-Harzkörper gebildet wird.

Der von einem geformten porösen PI-Harzkörper gebildete Käfig kann in ähnlicher Weise wie bei dem oben beschriebenen Sinterformen des PAI-Harzpulvers hergestellt werden. Ein geformter poröser PI-Harzkörper mit miteinander in Verbindung stehenden Poren in einem Anteil von 5 bis 20 Vol.-% kann erzeugt werden, indem PI-Harzpulver mit einer mittleren Partikelgröße, die durch Klassieren und Sieben zu 5 bis 50 µm bestimmt wurde, verdichtet und gesintert wird.

Bei der beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsform wurden die Käfige durch Sintern geformt. Der Formungsprozeß ist jedoch nicht darauf beschränkt. So kann z. B. ein Käfig durch einen Prozeß, der nachfolgend beschrieben wird, ausgeformt werden.

Ein PI-Harz, welches als poröses Matrixmaterial dient, wird mit einem anderen hitzefesten Harz gemischt. Dieses andere hitzefeste Harz hat einen Formgebungstemperaturbereich, der nahe zu demjenigen des PI-Harzes liegt, und bei Behandlung mit einem Lösungsmittel in Anwesenheit des PI-Harzes wird nur das andere hitzefeste Harz herausgelöst. Die Mischung wird dann geschmolzen und zu einem Käfig der gewünschten Form geformt. Aus dem so geformten Käfig wird nur das andere hitzefeste Harz mittels des Lösungsmittels herausgelöst, wodurch ein poröser Käfig erhalten werden kann.

Bei dem oben beschriebenen Formgebungsprozeß des Käfigs umfaßt der Begriff "PI-Harz" auch wie oben erwähnt PAI-Harze.

Beispiele für das andere hitzefeste Harz sind Polyethersulfon (PES), Polyetherimid (PEI), Polyarylat (PAR) und Polysulfon (PSF). Beispiele für das Lösungsmittel sind Methylenchlorid (Dichlormethan), Chloroform, Methylethylketon, Tetrahydrofuran, N-Methylpyrrolidon und N,N-Dimethylformamid.

Im Vergleich zu dem oben beschriebenen Käfig aus porösem PAI-Harz hat der zuvor beschriebene Käfig aus porösem PI-Harz Vorteile dergestalt, daß, wenn der Käfig kein Schmieröl mehr hat, der Käfig nicht schmilzt und das Lager nicht unbrauchbar wird, und daß die Geschwindigkeit, mit der das PI-Harz Feuchtigkeit absorbiert, niedrig ist und folglich eine leichte Kontrolle des Rohmaterialpulvers und der geformten Körper erlaubt. Aus diesen Gründen ist das PI-Harz als schmelzbares Harz einzustufen.

Durch eine Sterilisationsbehandlung (Autoklavbehandlung) wird ein Schutz gegenüber Infektionen, in den letzten Jahren insbesondere auch vor HIV, verlangt. Es ist deshalb erforderlich, die Behandlung unter strengeren Bedingungen (beispielsweise 2,4 kgf/cm<sup>2</sup> (235 kPa), 135°C, 5 Minuten) als bei herkömmlichen Behandlungen durchzuführen. Trotz solch strenger Bedingungen kann der oben beschriebene Käfig aus PI-Harz Temperaturen bis zu etwa 200°C aushalten.

Im folgenden wird eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Käfigs beschrieben, der von einem geform-



ten Phenolharzkörper gebildet wird, der eine Faserlage aufweist, die als Lage mit miteinander in Verbindung stehenden Poren betrachtet werden kann. Ein solcher mit einer Faserlage versehener Phenolharzkörper kann mit einem Schmieröl imprägniert werden, indem die Faserlage ausgenutzt wird.

Bei der vorliegenden Erfindung hat der geformte Phenolharzkörper mit der darin eingebetteten Harzlage (die im folgenden als "poröses P · R" bezeichnet wird) die Funktion, mit einem Schmieröl über die Faserlage (Gewebe) imprägniert zu werden, obschon sich diese Funktion von der Imprägnierfunktion des oben beschriebenen geformten porösen PI- oder PAI-Harzkörper (der im folgenden als "poröses PI/PAI · R" bezeichnet wird) unterscheidet, wo das Schmieröl durch die miteinander in Verbindung stehenden Poren imprägniert wird. Der oben beschriebene geformte Phenolharzkörper mit der darin eingelagerten Faserlage (Gewebe) wird deshalb als geformter Harzkörper mit einem porösen Abschnitt (miteinander in Verbindung stehende Poren) betrachtet, obschon dieser Begriff möglicherweise nicht ganz zutreffend ist.

Ein solcher Phenolharzkäfig kann beispielsweise mittels des in der offengelegten japanischen Patentanmeldung (Kokai) Nr. HEI 6-165790 beschriebenen Verfahrens hergestellt werden.

Beispielsweise kann ein solcher geformter Phenolharzkörper mit eingelagertem Gewebe hergestellt werden durch:

- (i) ein Verfahren, bei welchem das Gewebe mehrfach in eine röhrenartige Form gerollt wird, das gerollte Gewebe im Vakuum mit einem Phenolharz imprägniert wird und das Phenolharz dann gehärtet wird, um einen porösen zylindrischen Körper zu bilden, oder
- (ii) ein Verfahren, bei welchem das mit einem Phenolharz imprägnierte Gewebe mehrfach gerollt wird und das gerollte Gewebe dann unter Druck erhitzt wird, um einen porösen zylindrischen Körper zu bilden.

Die Porosität eines solchen geformten Phenolharzkörpers mit eingelagertem Gewebe kann ähnlich wie diejenige des oben beschriebenen PI-Harzkörpers sein und im Bereich von 5 bis 20 Vol.-% liegen.

Nachfolgend wird als drittes Merkmal der vorliegenden Erfindung die Zusammensetzung des Schmieröls detailliert beschrieben, insbesondere wird das spezielle Schmieröl beschrieben, das auf den Käfig angewendet wird oder mit dem der Käfig imprägniert wird, der aus dem speziellen geformten porösen Körper aufgebaut ist, wie dies oben beschrieben ist.

Das dritte Merkmal der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß das Schmieröl positiv für ein Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, beispielsweise einem Hochgeschwindigkeitsbohrer (Luftturbinenhandstück) verwendet wird, insbesondere für ein Wälzlager, bestehend aus einem äußeren Ring, einem inneren Ring, Wälzelementen in Form von anorganischen Kugeln sowie einem porösen Käfig aus einem hitzefesten, synthetischen Harz, der eine Drehwelle, die mit Luftturbinenschaufeln versehen ist, drehbar lagert.

Es wurde vorgeschlagen, die Verwendung eines Käfigs und eines Schmieröls zu vermeiden oder Wasserschmierung zu verwenden, um die Verwendung eines Schmieröls in einem Wälzlager des oben erwähnten Typs für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, die bei 400 000 bis 500 000 Umdrehungen pro Minuten betrieben wird, zu vermeiden. Hinsichtlich dieser Vorschläge ist die vorliegende Erfindung einzigartig.

Es muß nicht eigens erwähnt werden, daß als solches Schmieröl ein hinsichtlich der Aspekte Biosicherheit, Umweltschutz, Hitzefestigkeit (hinreichend, um Sterilisation und Desinfektion mittels Autoklavbehandlung zu erlauben), Möglichkeit von Rotation mit hoher Drehzahl und ähnlichem geeignet ist.

Zusätzlich zu herkömmlichen Paraffinölen und fluorierten Ölen können gemäß der vorliegenden Erfindung als Schmieröl in neuartiger Weise ein nicht trocknendes Pflanzenöl oder ein Schmieröl verwendet werden, welches erhalten wird, indem ein spezieller Ölabsorbierender Stoff zu nicht trocknendem Pflanzenöl hinzugegeben wird, um ein geschmiertes System mit noch höherer Leistungsfähigkeit zu erreichen.

Um das Verständnis des für die vorliegende Erfindung nützlichen Schmieröls zu erleichtern, werden zuerst nicht trocknende Pflanzenöle und dann spezielle Öl-absorbierende Stoffe beschrieben, die zu den nicht trocknenden Pflanzenölen hinzugegeben werden.

Pflanzenöle können grob in die folgenden drei Arten unterteilt werden:

- (i) Nicht trocknende Öle:

Der Begriff "nicht trocknendes Öl" bezeichnet Öl, welches, selbst wenn es in Form einer dünnen Lage an Luft getrocknet (oxidiert) wird, keinen filmartigen Stoff (harzigen Feststoff) bildet.

Ein nicht trocknendes Öl dieser Art enthält ungesättigte Fettsäuren, die jeweils zwei oder mehr Doppelbindungen pro Molekül (im folgenden als "mehrfach ungesättigte Fettsäuren" bezeichnet) enthalten, nur in kleinen Mengen und besteht im wesentlichen aus dem Glycerid (Glyzerolester) der Ölsäure (welche nur eine Doppelbindung pro Molekül enthält), wobei die Jodzahl des Öls (eine Skala, die den Grad der Nichtsättigung eines Öls angibt) 100 oder kleiner ist.

Repräsentative Beispiele von nicht trocknenden Ölen dieses Typs sind Olivenöl, Erdnußöl und Oleysol-Öl.

- (ii) Halbtrocknende Öle:

Der Begriff "halbtrocknende Öle" bezeichnet ein Öl, welches Eigenschaften aufweist, die zwischen denjenigen der oben beschriebenen nicht trocknenden Ölen und den nachfolgend beschriebenen trocknenden Ölen liegt. Seine Jodzahl liegt zwischen 100 und 130.

Repräsentative Beispiele für solche halbtrocknende Öle sind Rapsöl, Sesamöl und Baumwollsamöl.

- (iii) Trocknende Öle:

Der Begriff "trocknendes Öl" bezeichnet ein Öl, welches, wenn es in Form einer dünnen Lage an Luft getrocknet (oxidiert) wird, einen Film (harziger Feststoff) bildet. Ein solches trocknendes Öl besteht aus Glyceriden von Fettsäuren mit einem hohen Nichtsättigungsgrad (beispielsweise enthält Linolsäure zwei Doppelbindungen und Linsäure enthält drei Doppelbindungen). Diese Doppelbindungen absorbieren Sauerstoff an Luft und induzieren oxidative Polymerisation, wobei leicht ein filmartiger Stoff gebildet wird. Die Jodzahl solcher trocknender Öle beträgt 130 oder mehr.

Typische Beispiele für solche trocknenden Öle sind Leinöl und Tungöl.

Bei den oben beschriebenen verschiedenen Pflanzenölen sind nicht trocknende Öle und Fette (Glyzerolester von Fettsäuren), welche, selbst wenn sie in Form einer dünnen Lage getrocknet (oxidiert) werden, keinen filmartigen Stoff (harzigen Feststoff) bilden. Da sie hinsichtlich Hitzefestigkeit (so daß eine Sterilisation und Desinfektion mittels Autoklavenbehandlung möglich ist) und Dauerhaftigkeit exzellent sind, sind sie als Schmieröle für Wälzlager in mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtungen, wie beispielsweise Dentalluftturbinenhandstücken, geeignet.

Die vorliegende Erfindung verwendet ein nicht trocknendes Öl aus Pflanzenölen als Schmieröl für ein Wälzlager für eine mit hoher Geschwindigkeit rotierende Vorrichtung wie beispielsweise ein Dentalluftturbinenhandstück. Im folgenden wird dabei Olivenöl, welches ein repräsentatives Beispiel für die oben erwähnten nicht trocknenden Pflanzenöle ist, im Detail beschrieben.

Olivenöl ist ein Öl (Glyzerolester), welches aus Früchten der *Olea europaea* gewonnen werden kann. Seine Komponenten können grob in die folgenden 3 Klassen eingeteilt werden:

- (i) ungesättigte Harzsäuren;
- (ii) gesättigte Harzsäuren; und
- (iii) verschiedene Spurenkomponenten.

In Olivenöl bestehen die ungesättigten Harzsäuren im allgemeinen aus einfach ungesättigten und zweifach oder höher ungesättigten (mehrfach ungesättigten) Harzsäuren.

Die Art und der Anteil der ungesättigten Harzsäuren im Olivenöl sind nachstehend angegeben:

1) Ölsäure (einfach ungesättigt)	56,0-83,0%
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
2) Linolsäure (mehrfach ungesättigt)	3,5-20,0%
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
3) Palmitoleinsäure (einfach ungesättigt)	0,3-3,5%
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
4) Linolensäure (mehrfach ungesättigt)	0,0-1,5%
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
5) Gadoleinsäure (einfach ungesättigt)	0,0-0,05%
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	

Daraus ist ersichtlich, daß Olivenöl einen hohen Anteil Ölsäure enthält, welche eine einfach ungesättigte Fettsäure darstellt. Olivenöl enthält auch mehrfach ungesättigte Fettsäuren, wie beispielsweise Linolsäure, in kleinen Mengen.

Wie oben erwähnt, ist eine mehrfach ungesättigte Fettsäure oxidationsanfällig. Nichtsdestotrotz weist Olivenöl insgesamt eine exzellente Oxidationsfestigkeit auf, da, wie im folgenden beschrieben wird, Olivenöl Tokopherole (Vitamin E) als Spurenkomponenten enthält und mehrfach ungesättigte Fettsäuren, wie beispielsweise Linolensäure aufgrund der Antioxidationswirkung der Tokopherole (Vitamin E) gegenüber einer Verschlechterung durch Oxidation geschützt werden.

Als nächstes werden die gesättigten Fettsäurekomponenten in Olivenöl beschrieben.

Die Arten und Anteile an gesättigten Fettsäuren in Olivenöl sind nachfolgend angegeben:

1) Palmitinsäure $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	7,5-20,0%
2) Stearinsäure $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	0,5-3,5%
3) Myristinsäure $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	0,0-0,05%
4) Arachinsäure $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	0,0-0,05%
5) Behensäure $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	0,0-0,05%
6) Lignocerinsäure $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	0,0-0,05%

Folglich kann Olivenöl als nur geringe Menge an gesättigten Fettsäuren enthaltend betrachtet werden, welche eine Erhöhung des Cholesterinspiegel im Blut verursachen.

Als nächstes werden verschiedene Spurenkomponenten in Olivenöl beschrieben.

Nachfolgend sind verschiedene Spurenkomponenten in Olivenöl zusammen mit ihren Eigenschaften und Funktionen angegeben.

- (1) Unverseifbare Materialien:
  - (a) Sterole
  - (b) Kohlenwasserstoffe
    - Squalen
    - aromatische Kohlenwasserstoffe (welche inhärente sensorische Eigenschaften verleihen; insbesondere Aroma und Geschmack)
  - (c) Tokopherole (oxidationshindernde Funktion)
    - $\alpha$ -Tokopherol (Vitamin E) (Verhindern von Schwärzung und Polymerisation)
    - $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -Tokopherole (Verhindern von Ranzigkeit, welche sonst durch die Anwesenheit von einem oder mehreren Schwermetallen verursacht würde)

- (d) Triterpenalkohole
  - Cycloalterenol
  - Erythrodiol
- (e) fettlösliche Vitamine
  - Vitamine A, D (Antioxidationsseffekte)
- (2) Phospholipide, Chlorophyll und Derivate:
  - (a) Phospholipide
  - (b) Chlorophyll (Antioxidationsseffekt)
- (3) Phenolverbindungen:
  - (a) Phenolverbindungen (Antioxidationsseffekte)
  - (b) Polyphenole (Antioxidationsseffekte).

Wie sich daraus ergibt, weist Olivenöl höhere Anteile an verschiedenen Spurenkomponenten auf, welche gegen die Oxidation von Ölen und Fetten wirken, als andere nicht trocknende Öle und trocknende Öle und kann deshalb ein Schmieröl mit hervorragender Hitzefestigkeit (so daß eine Sterilisation und Desinfektion mittels Autoklavbehandlung möglich ist) und Dauerhaftigkeit bilden.

Als nächstes werden andere nicht trocknende Pflanzenöle beschrieben, welche ebenfalls als Schmieröl für ein erfindungsgemäßes Wälzlager bei einer mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtung, wie beispielsweise einem Dentalluftturbinenhandstück, verwendet werden können.

- (i) Als nicht trocknendes Öl anstelle von Olivenöl kann Erdnußöl verwendet werden. Erdnußöl findet man in einem Anteil von 40 bis 50% in Samen von *Arachis hypogaea*, und es wird aus diesen Samen mittels Pressen gewonnen.
- (ii) Oleysol-Öl kann anstelle von Olivenöl als nicht trocknendes Öl verwendet werden.

Oleysol-Öl ist aus einer mutierten Sonnenblumenart erhältlich, welche einen hohen Gehalt an Linolsäure (mehrfach ungesättigt) enthält, die ein nicht trocknendes Öl ist. Aufgrund der Anstrengungen in der Landwirtschaft konnte eine mutierte Sonnenblumenart geschaffen werden, welche Ölsäure (einfach ungesättigte Fettsäure) in großer Menge enthält. Aus dieser mutierten Art wird ein Öl mit der Bezeichnung "Oleysol" hergestellt. Oleysol-Öl ist ein nicht trocknendes Öl ähnlich dem oben beschriebenen Olivenöl.

In der nachstehenden Tabelle 1 sind Unterschiede zwischen verschiedenen nicht trocknenden Pflanzenölen, welche als Schmieröle in einem erfindungsgemäßen Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, wie beispielsweise ein Dentalluftturbinenhandstück, verwendet werden können, und einigen halbtrocknenden Pflanzenölen und anderen Speiseölen gezeigt. In Tabelle 1 sind Olivenöl, Erdnußöl und Oleysol-Öl nicht trocknende Pflanzenöle, die in dem erfindungsgemäßen Wälzlager verwendet werden können, während die übrigen Öle halbtrocknende Pflanzenöle und trocknende Öle als Vergleichsbeispiele darstellen.

In Tabelle 1 werden die folgenden Abkürzungen verwendet:

- (1) im wesentlichen aus Ölsäure bestehend und Palmitoleinsäure enthaltend,
- (2) Linolsäure,
- (3) Linolensäure, und
- (4) aus Plamitinsäure, Stearinsäure, Laurinsäure und Myristinsäure bestehend.

Ferner bezeichnen in Tabelle 1 Sterne (\*) Pflanzenöle, die als Vergleichsbeispiele dienen.

Tabelle 1

Vergleich zwischen nichttrocknenden Pflanzenölen und anderen Speiseölen

	Durchschnittlicher Fettsäurenanteil (%)				Vitamin E (mg/kg)	Verhältnis Vitamin E / mehrfach ungesättigten Fettsäuren (mg/kg)
	Ungesättigte Fettsäuren			gesättigte Fettsäuren (4)		
	einfach (1)	zweifach (2)	dreifach (3)			
Olivenöl	70	12	0,5 – 1,5	15	150	1,11
Erdnußöl	60	25	-	15	150	0,60
Oleysöl	80	10		10		
Rapsöl *	60	22	10	8	150	0,47
Sonnenblumenöl*	20	70	10	10	250	0,315
Soyabohnenöl *	23	55	7	15	175	0,28
Maisöl *	26	60	2	12	200	0,32
Kokosöl* (festes Fett)	8	2	<1	90		

Aus Tabelle 1 sind die folgenden Tendenzen ersichtlich.

- (i) Ein nicht trocknendes Pflanzenöl enthält oxidationsbeständige, einfach ungesättigte Fettsäuren in großer Gesamtmenge.
- (ii) Ein nicht trocknendes Pflanzenöl enthält oxidationsempfindliche zweifach und dreifach ungesättigte Fettsäuren, d. h. mehrfach ungesättigte Fettsäuren, in geringer Gesamtmenge.
- (iii) Ein nicht trocknendes Pflanzenöl enthält Tokopherole (Vitamin E und ähnliches), die Antioxidationseffekte aufweisen, in hohem Anteil relativ zu mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

Bei nicht trocknenden Pflanzenölen (Olivenöl, Erdnußöl, Oleysöl und ähnliches), welche ein Schmieröl für ein erfindungsgemäßes Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, wie beispielsweise ein Dentalluftturbinenhandstück, bilden können, werden die Schmiereigenschaften besser, wenn der Gesamtgehalt an freien Fettsäuren (gesättigte und ungesättigte) geringer wird.

Diese Tendenzen zeigten sich im Verlauf der Untersuchung der Erfinder hinsichtlich Verbesserungen der Schmiereigenschaften von nicht trocknenden Pflanzenölen und sie werden, wie im folgenden erläutert, von Daten unterstützt.

Nachfolgend werden die oben erwähnten Fettsäuren (welche im folgenden als "freie Fettsäuren" bezeichnet werden), die in ein nicht trocknendes Pflanzenöl freigesetzt werden, beschrieben:

Allgemein besteht ein Öl oder Fett (ein Fett wie beispielsweise Rindertalg, Schweineschmalz oder Butter, oder ein Fettöl wie Rapsöl, Tügelöl oder Leinöl) aus Glycerolestern von höheren Fettsäuren.

Bei einem nicht trocknenden Pflanzenöl, das für ein erfindungsgemäßes Wälzlager verwendbar ist, liegen verschiedene Fettsäuren (gesättigt und ungesättigt) als Ester vor, die durch die folgende Formel (1) wiedergegeben werden:

3 Moleküle Fettsäure + 1 Molekül Glycerol ergibt 1 Molekül Triglyzerid (Ester) (1).

Jedoch enthält das nicht trocknende Pflanzenöl auch verschiedene Fettsäuren (freie Fettsäuren), die nicht mit Glycerol ( $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ) kombiniert sind. Wenn man den Gesamtgehalt an den oben erwähnten freien Fettsäuren als Freiefettsäurenwert ausdrückt, dann ist die Azidität umso niedriger und die Viskosität umso höher, je niedriger dieser Wert ist. Ein nicht trocknendes Pflanzenöl, das einen niedrigeren Freiefettsäurenwert aufweist, ist deshalb hinsichtlich seiner Dauerhaftigkeit als ein Schmieröl für ein Wälzlager hervorragend.

Basierend auf dem oben beschriebenen Freiefettsäurenwert, ist Olivenöl hinsichtlich seiner Qualität in Tabelle 2 klassifiziert. Daraus ergibt sich, daß Olivenöl mit höherer Qualität einen niedrigeren Freiefettsäurenwert hat und, wie dies nachfolgend beschrieben ist, bessere Schmiereigenschaften zeigt (siehe Tabelle 3).

Um den Freiefettsäurenwert eines nicht trocknenden Pflanzenöls, wie beispielsweise Olivenöl, zu senken, kann beispielsweise das nachfolgend beschriebene Verfahren verwendet werden. Wenn Olivenöl nach Zusatz von 5 bis 10% wäßriger Lösung von Natriumhydroxid erhitzt wird, verseift das Olivenöl, um Glyzerol und die Natriumsalze der Fettsäuren zu bilden. Das sich ergebende Glyzerol verestert freie Fettsäuren. Nachfolgendes Entfernen von Ölen und Fetten mittels Zentrifugieren oder ähnlichem ergibt ein Olivenöl mit einem niedrigen Freiefettsäurenwert.

In Tabelle 2 sind die Namen von verschiedenen Olivenölqualitätsstufen und die Handelsbezeichnungen von Olivenölen, die von Golden Eagle Olive Products, USA, hergestellt werden, aufgeführt.

Tabelle 2

Freiefettsäurenwerte von Olivenöl

Qualitätsstufe des Olivenöls	Freiefettsäurenwert (Gewichts%)
Raffiniertes Olivenöl	0,1
Extra feines Öl	1,1
Feines Öl	3,2

Es ist möglich, zusätzlich zu den oben erwähnten nicht trocknenden Pflanzenölen eine oder mehrere bekannte Erdöl- oder SynthetikbasisölkompONENTEN als BasisölkompONENTE des Schmieröls zur Verwendung bei der vorliegenden Erfindung zu verwenden.

Beispiele für solche Erdöl- oder SynthetikbasisölkompONENTEN sind Erdöle (Paraffinöle), Olefinoligomere, Phosphatester, Ester von organischen Säuren, Silikonöle und Polyalkylenglykole. Diese BasisölkompONENTEN können immer noch hinreichend zur Verwendung in mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtungen sein, obschon sie bezüglich Biosicherheit (Unschädlichkeit für den Körper) und Umweltschutz (Sicherheit) den oben erwähnten nicht trocknenden Pflanzenölen unterlegen sind.

Als nächstes wird die Öl-absorbierende Komponente beschrieben, welche aus Öl-absorbierenden Harzpartikeln besteht und zu der BasisölkompONENTE hinzugefügt wird, um weitere Verbesserungen der Schmiereigenschaften des Schmieröls in dem erfindungsgemäßen Wälzlager für mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtungen zu erzielen.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung fanden heraus, daß Partikel eines Öl-absorbierenden Synthetikharz (Öl-absorbierendes quervernetztes Polymer), wie beispielsweise ein quer vernetztes Polymer des Acrylatestertyps, bei der Verbesserung des Rückhaltevermögens des Schmieröls für das Wälzlager sehr effektiv sind, ohne daß die Eigenschaften des nicht trocknenden Pflanzenöls in einem geschmierten System bei Hochgeschwindigkeitsdrehung einer mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtung, wie beispielsweise einem Dentalluftturbinenhandstück, verschlechtert werden.

Bei dem geschmierten System einer mit hoher Drehzahl rotierenden Vorrichtung, beispielsweise bei dem geschmierten System eines Dentalluftturbinenhandstücks, welches mit 200 000 bis 400 000 Umdrehungen pro Minute oder einer noch höheren Drehzahl rotiert, können durch den Zusatz einer Öl-absorbierenden Komponente, wie nachfolgend beschrieben, deutliche vorteilhafte Effekte erzielt werden. Solche vorteilhaften Effekte in einem geschmierten System unter Rotation mit hoher Drehzahl wurden zum ersten Mal durch die Erfinder der vorliegenden Erfindung ermittelt.

Im folgenden wird das Öl-absorbierende quervernetztes Polymer beschrieben, welches zur Verbesserung der Eigenschaften der BasisölkompONENTE, wie beispielsweise einem nicht trocknenden Pflanzenöl, in der Praxis der vorliegenden Erfindung bevorzugt wird.

Das Öl-absorbierende quervernetztes Polymer an sich ist auf dem vorliegenden Gebiet aus der offengelegten japanischen Patentanmeldung (Kokai) Nr. HEI 5-337367 oder der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. HEI 3-143996 bekannt. Wie oben erwähnt, stellte sich bei der vorliegenden Erfindung zum ersten Mal heraus, daß ein Öl-absorbierendes quervernetztes Polymer einem Wälzlager in einem sich mit hoher Geschwindigkeit drehenden System hervorragende Eigenschaften verleiht.

Die BasisölkompONENTE, wie beispielsweise ein nicht trocknendes Pflanzenöl als Hauptkomponente des Schmieröls, weist einen Löslichkeitsparameter (SP-Wert) zwischen 6 und 9 auf. Es wird deshalb bevorzugt, daß das oben erwähnte Öl-absorbierende quervernetztes Polymer hinsichtlich der Kompatibilität einen ähnlichen SP-Wert aufweist. Vorzugsweise wird ein Öl-absorbierendes quervernetztes Polymer mit einem SP-Wert von 9 oder weniger dem Schmieröl zu Zwecken der Erfindung zugefügt, wobei das Schmieröl das nicht trocknende Pflanzenöl als Hauptkomponente enthält.

Ein solches Öl-absorbierendes quervernetztes Polymer kann allgemein mittels Kopolymerisation von:

- (i) 90 bis 9,9 Gew.-% eines Monomers (A), welches eine ungesättigte polymerisierbare Gruppe pro Molekül enthält und ein Polymer mit einem SP-Wert von 9 oder weniger erzeugen kann, und
- (ii) 0,1 bis 10 Gew.-% eines quer vernetzenden Monomers (B), welches mindestens zwei ungesättigte polymerisierbare Gruppen pro Molekül enthält,

hergestellt werden.

Das Monomer (A) umfaßt mindestens ein polymerisierbares ungesättigtes Monomer mit:

- (1) mindestens einer aliphatischen C<sub>2</sub>- bis C<sub>30</sub>-Kohlenwasserstoffgruppe; und ist aus einer Gruppe ausgewählt,

welche folgende Verbindungen umfaßt:

(2) Restgruppen von Alkyl(meth)acrylaten, Alkylaryl(meth)acrylaten, Alkyl(meth)acrylamiden, Alkylaryl(meth)acrylamiden, Fettsäurevinylestern, Alkylstyrenen sowie  $\alpha$ -Olefinen.

Beispiele für das quervernetzende Monomer (B) sind Ethylenglykoldi(meth)acrylat, Diethylenglykoldi(meth)acrylat, Polyethylenglykoldi(meth)acrylat, Propylenglykoldi(meth)acrylat, Polypropylenglykoldi(meth)acrylat, 1,3-Butenglykoldi(meth)acrylat, Neopentylglykoldi(meth)acrylat, N,N'-Methylenbisacrylamid, N,N'-Propylenbisacrylamid, Glyceroltri(meth)acrylat, Trimethylolpropantri(meth)acrylat sowie Divinylbenzen.

Das oben beschriebene Öl-absorbierende quervernetzte Polymer kann auch hergestellt werden, indem ein Monomer verwendet wird, welches zwei polymerisierbare ungesättigte Gruppen pro Molekül enthält, insbesondere ein Dienmonomer.

Beispiele für solche Öl-absorbierende quervernetzte Polymere, die Dienmonomere verwenden, sind Polymere von Butadien, Isopren, Zyklopentadien und 1,3-Pentadien und ihre Hydrierungsprodukte; sowie Kopolymere der oben erwähnten Diene mit anderen polymerisierbaren Monomeren, wie beispielsweise Styren und  $\alpha$ -Olefine, wie beispielsweise Buten, sowie ihre Hydrierungsprodukte.

Die oben beschriebenen quer vernetzenden Monomere können als die polymerisierbaren Monomere verwendet werden.

Das Öl-absorbierende quervernetzte Polymer kann aus einem quervernetzten Kopolymer aus Ethylen mit einem weiteren Olefin bestehen. Beispiele des weiteren Olefins, das mit Ethylen kopolymerisiert ist, sind Propylen, Buten und Penten. Als quervernetzende Monomere können ferner die oben erwähnten verwendet werden.

Das oben erwähnte Öl-absorbierende quervernetzte Polymer liegt in Form von Partikeln mit durchschnittlicher Partikelgröße von 0,5 bis 2000  $\mu\text{m}$  vor und kann zu dem nicht trocknenden Pflanzenöl in gewünschter Menge hinzugefügt werden. Als ein solches Öl absorbierendes quervernetztes Polymer kann "Oleosorb PW-190" (Handelsbezeichnung) oder "Oleosorb PW-170" (Handelsbezeichnung) verwendet werden, was ein von der Nippon Shokubai Co., Ltd. hergestelltes Acrylatesterpolymer ist.

Die vorliegende Erfindung wird im folgenden anhand des folgenden Beispiels noch detaillierter beschrieben.

Für ein Wälzlager für ein Dentalluftturbinenhandstück wurde ein Vergleich zwischen den Schmiereffekten eines Schmieröls für ein erfindungsgemäßes Lager, welches aus nicht metallischen anorganischen Kugeln und einem von einem geformten porösen Synthetikharzkörper gebildeten Käfig bestand, und den Schmiereffekten des Schmieröls für ein Lager durchgeführt, welches aus herkömmlichen Kugeln aus rostfreiem Stahl und einem von einem geformten nicht porösen (massiven oder porenfreien) Synthetikharzkörper gebildeten Käfig bestand, und es wurde eine Untersuchung durchgeführt, um festzustellen, ob das erfindungsgemäße geschmierte System überlegen sei. Der von dem oben erwähnten geformten porösen Synthetikharzkörper gebildete Käfig kann als "porös" bezeichnet werden, während der von dem oben erwähnten geformten nicht porösen Synthetikharzkörper gebildete Käfig als "massiv" bezeichnet werden kann.

Im folgenden werden folgende Vergleichsbeispiele bezüglich der vorliegenden Erfindung verwendet:

(1) Ein Wälzlager, welches Wälzelemente (Kugeln) aus rostfreiem Stahl (SUS) und einen massiven (nicht porösen) Käfig verwendet.

(2) Ein Wälzlager, welches Wälzelemente (Kugeln) aus rostfreiem Stahl (SUS) und einen porösen Käfig verwendet, und

(3) ein Wälzlager, welches Wälzelemente (Kugeln) aus einem nicht metallischen Material, z. B. Siliziumnitrid, Zirkoniumoxid oder "Pyrex", und einen massiven (nicht porösen) Käfig verwendet.

(i) Gesamtaufbau des in dem Test verwendeten Luftturbinenhandstücks:

Das Wälzlager des Dentalluftturbinenhandstücks (siehe Fig. 1 und 2), welches in dem Test für dieses Beispiel verwendet wurde, hatte den folgenden Aufbau:

Miniatürkugellager des offenen Typs, das mit einem Schnappkäfig versehen war und die folgenden Abmessungen aufwies:

(1) Außendurchmesser eines Außenrings aus "NSS 125" (Handelsbezeichnung, martensitischer rostfreier Stahl, erhältlich von NTN Corp.): 6,350 mm.

(2) Innendurchmesser eines inneren Rings aus "NSS 125" (Handelsbezeichnung, martensitischer rostfreier Stahl, verfügbar von NTN Corp.): 3,175 mm.

(3) Breite: 2,380 mm.

(4) Außendurchmesser der Kugeln: etwa 1,00 mm.

(ii) Luftzufuhrdruck und Luftzufuhrate:

Jedes der obigen Wälzlager wurde in das Dentalluftturbinenhandstück eingebaut und unter den folgenden Bedingungen getestet:

Luftzufuhrdruck: 177 kPa (1,8 kgf/cm<sup>2</sup>); Luftzufuhrate: 25 l/min.

(iii) Art der Käfige:

(1) Massives PI/PAI · R:

Dies bezeichnet einen nicht porösen (massiven) Käfig auf Polyimid(PI)-Basis oder Polyamidimid(PAI)-Basis.

Das massive PI · R wurde erhalten, indem "Vespel SP-1" (Handelsbezeichnung für ein Produkt der E.I. du Pont de Nemours & Co, Ltd.) in eine käfigartige Form geformt wurde.

Das massive PAI · R wurde erhalten, indem "Torlon 4203" (Produktbezeichnung der Teijin-Amoco Engineering Plastics, Ltd.) in eine käfigartige Form geformt wurde.

(2) Poröses P · R:

Dies bezeichnet einen porösen Käfig aus einem ein Gewebe enthaltenden Phenolharz. Das poröse P · R wurde erhalten, indem Zwischenräume zwischen den Fäden eines Gewebes, welches mehrmals in eine



röhrenartige Form gerollt wurde, mit einem Phenolharz im Vakuum imprägniert wurden, das so imprägnierte Gewebe unter Wärmeeinwirkung geformt wurde und dann das geformte Gewebe in eine käfigartige Form bearbeitet wurde.

(3) Poröses PI/PAI · R:

Dies bezeichnet einen porösen Käfig auf Polyimid (PI)-Basis oder Polyamid-Imid (PAI)-Basis. Das poröse PI · R wurde erhalten, indem "UIP-S" (Produktbezeichnung der Ube Industries Ltd.) unter einem Formdruck von 392 MPa (4000 kgf/cm<sup>2</sup>) formgepreßt wurde, der Grünling bei 400°C in einer Stickstoffgasatmosphäre gesintert wurde und anschließend der sich ergebende gesinterte Körper in eine käfigartige Form (Porosität: etwa 13 Vol.-%) bearbeitet wurde.

Das poröse PAI 392 MPa R wurde erhalten, indem "Torlon 4000 TF" (Handelsbezeichnung eines Produkts der Amoco Chemical Corp., USA) klassiert und gesiebt wurde, um eine durchschnittliche Teilchengröße von 20 µm zu erhalten, das so gesiebte Pulver unter einem Vorformdruck von 274 MPa (2800 kgf/cm<sup>2</sup>) formgepreßt wurde, der Grünling bei 300°C gesintert wurde und dann der sich ergebende gesinterte Körper in eine käfigartige Form (Porosität: etwa 14 Vol.-%) bearbeitet wurde.

#### A. Bewertung der Biosicherheit, des Umweltschutzaspektes sowie der Hitzebeständigkeit verschiedener Schmieröle

Unter Verwendung des Wälzlagers des Dentalluftturbinenhandstücks (siehe Fig. 1 und 2) wurden Tests bezüglich der Biosicherheit, des Umweltschutzes sowie der Hitzebeständigkeit (Autoklavbehandlungsfestigkeit, Zyklen) von Schmiersystemen, die im wesentlichen aus nicht trocknenden Pflanzenölen bestanden, sowie Schmiersystemen durchgeführt, die hauptsächlich aus dem zu diesen Zwecken bekannten Paraffinöl bzw. fluoriertem Öl bestand. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 gezeigt.

Unter Verwendung eines Autoklavbehandlungsgeräts ("ALPHI"; Handelsbezeichnung, hergestellt von J. Morita Mfg., Corp.) wurde die Autoklavbehandlungsfestigkeit untersucht. Die Ergebnisse sind als Zahl der Zyklen angegeben, bis die Rotation des Dentalluftturbinenhandstücks instabil wurde und die Rotationseffizienz um 10% (etwa 40 000 Umdrehungen) abgesunken war.

Da angenommen wurde, daß der obige Test durch die Art der Wälzelemente (Kugeln) nicht wesentlich beeinflusst würde, wurden als Kugeln herkömmliche Kugeln aus rostfreiem Stahl verwendet. Der Test wurde unter den folgenden Bedingungen durchgeführt: Luftzufuhrdruck: 175 kPa (1,8 kgf/cm<sup>2</sup>); Luftzufuhrate: 25 l/min; Drehzahl: etwa 400 000 U/min. Die Bedingungen der Behandlung in dem Autoklavbehandlungsgerät "ALPHI" waren wie folgt: Wasserdampfdruck: 235 kPa (2,4 kg/cm<sup>2</sup>); Temperatur: 135°C; Zeit: 5 min.

In Tabelle 3 wurde

- (i) als Paraffinöl (flüssiges Paraffin) ein herkömmliches Paraffinöl des Sprühtyps verwendet, das von einem Hersteller auf dem Gebiet der Odontotherapie stammt;
- (ii) als fluoriertes Öl wurde "FOMBLIN" (Handelsbezeichnung für ein Produkt der Ausimontu S.P.A., Italien) verwendet;
- (iii) als Öl-absorbierendes Polymer des Acrylatestertyps wurde "PW-170" (Handelsbezeichnung für ein Produkt der Nippon Shokubai Co., Ltd.) verwendet.

Schmieröl	Bio- sicherheit	Umwelt- schutz	Hitzefestigkeit (Autoklavfestigkeit, Zyklen)		
			Massives PI/PAIR	Poröses P/R	Poröses PI/PAIR
Pflanzenöl	Nichttrocknen- des Öl	Raffiniertes Olivenöl	1000<	1000<	1000<
			1000<	1000<	1000<
			1000<	1000<	1000<
			1000<	1000<	1000<
			1000<	1000<	1000<
Mineralöl	Halbtrocknen- des Öl	Rapsöl	300	300	300
			1000<	200	1000<
Synthetiköl	Fluoriertes Öl	Paraffin-Öl 100 Gewichtsteile + ölabsorbierendes Acrylat-Ester-Polymer 5 Gewichtsteile	1000<	150	1000<
			1000<	1000<	1000<

A: ausgezeichnet; B: gut; C: schlecht

## B. Bewertung des Schmiervermögens verschiedener Schmieröle (Teil 1)

Verschiedene Schmieröle wurden als nächstes in dem Wälzlager des Dentalluftturbinenhandstücks (siehe Fig. 1 und 2) verwendet, um ihr Schmiervermögen zu bewerten.

Insbesondere wurde ein Schmieröl untersucht, das ein nicht trocknendes Pflanzenöl (extra feines Olivenöl) als Basisöl verwendet, um festzustellen, welche Effekte bezüglich des Schmiervermögens, insbesondere hinsichtlich (i) Hochgeschwindigkeitsrotationsvermögen und (ii) Rotationsausdauerzeit in Abhängigkeit von Unterschieden bei den Wälzelementen (Kugeln) und des Käfigs auftreten würden.

Wie oben beschrieben, wurde das Hochgeschwindigkeitsdrehvermögen (i) durch die Anzahl von Umdrehungen ( $\times 10^4$ ) erfaßt, wenn jedes Schmieröl zuerst in das Dentalluftturbinenhandstück (siehe Fig. 1 und 2) eingebracht wurde und dann dem Dentalluftturbinenhandstück Luft bei einem Luftzufuhrdruck von 175 kPa ( $1,8 \text{ kgf/cm}^2$ ) und einer Luftzufuhr rate von 25 l/min zugeführt wurde.

Die Rotationsausdauerzeit (ii) wurde durch die Zeit in Stunden erfaßt, die verging, bis die Rotation instabil wurde und die Drehzahl um 10% (etwa 40 000 Umdrehungen pro Minute) abfiel, wenn das Dentalluftturbinenhandstück kontinuierlich betrieben wurde, ohne daß zusätzliches Schmieröl im Stadium der Hochgeschwindigkeitsrotation (i) zugeführt wurde.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt, wobei:

- (a) "SUS" in der Spalte für Kugeln "Kugellager" aus rostfreiem Stahl (SUS440C) bezeichnet, und die anderen Bezeichnungen nichtmetallische anorganische Kugeln bezeichnen, die in der Praxis der Erfindung nützlich sind;
- (b) in der Spalte für "Käfig" bezeichnet "massiv" massives PI/PAI · R, "porös" bezeichnet poröses PI/PAI · R, und "Phenol" bezeichnet ein poröses P · R; und
- (c) in der Spalte für "Öl" bezeichnet "Bio-Öl" extra feines Olivenöl und "Wasser" bedeutet Wasserschmierung.

Tabelle 4

Kugeln	Käfig	Öl	Bewertung des Leistungsvermögens	
			U/min	Rotationsausdauerzeit
SUS	massiv	Bio-Öl	39,0	2,00
Siliciumnitrid	massiv	Bio-Öl	42,0	0,10>
Zirkoniumoxid	massiv	Bio-Öl	42,0	0,10>
Pyrex	massiv	Bio-Öl	41,0	0,10>
SUS	porös	Bio-Öl	41,0	25,5
Siliciumnitrid	porös	Bio-Öl	47,5	36<
Zirkoniumoxid	porös	Bio-Öl	47,5	36<
Pyrex	porös	Bio-Öl	47,0	36<
SUS	Phenol	Bio-Öl	38,0	23,5
Siliciumnitrid	Phenol	Bio-Öl	44,5	36<
Zirkoniumoxid	Phenol	Bio-Öl	44,5	36<
Pyrex	Phenol	Bio-Öl	44,5	36<
SUS	massiv	Paraffin-Öl	38,2	0,50
Siliciumnitrid	massiv	Paraffin-Öl	41,2	1,0>
Zirkoniumoxid	massiv	Paraffin-Öl	41,2	1,0>
Pyrex	massiv	Paraffin-Öl	40,2	1,0>
SUS	porös	Paraffin-Öl	40,2	8,50

Kugeln	Käfig	Öl	Bewertung des Leistungsvermögens		
			U/min	Rotationsausdauerzeit	
Siliciumnitrid	porös	Paraffin-Öl	45,8	16<	1
Zirkoniumoxid	porös	Paraffin-Öl	45,6	16<	
Pyrex	porös	Paraffin-Öl	45,1	16<	
SUS	Phenol	Paraffin-Öl	37,2	6,75	1
Siliciumnitrid	Phenol	Paraffin-Öl	42,6	16<	2
Zirkoniumoxid	Phenol	Paraffin-Öl	42,6	16<	
Pyrex	Phenol	Paraffin-Öl	42,6	16<	
SUS	massiv	Fluoriertes Öl	39,0	1,50	2
Siliciumnitrid	massiv	Fluoriertes Öl	42,0	3,0>	3
Zirkoniumoxid	massiv	Fluoriertes Öl	42,0	3,0>	
Pyrex	massiv	Fluoriertes Öl	41,0	3,0>	
SUS	porös	Fluoriertes Öl	41,0	17,50	3
Siliciumnitrid	porös	Fluoriertes Öl	46,5	24<	4
Zirkoniumoxid	porös	Fluoriertes Öl	46,5	24<	
Pyrex	porös	Fluoriertes Öl	46,0	24<	
SUS	Phenol	Fluoriertes Öl	38,0	14,50	4
Siliciumnitrid	Phenol	Fluoriertes Öl	43,5	24<	5
Zirkoniumoxid	Phenol	Fluoriertes Öl	43,5	24<	
Pyrex	Phenol	Fluoriertes Öl	43,5	24<	
SUS	massiv	Wasser	35,1	0,10>	5
Siliciumnitrid	massiv	Wasser	36,8	0,10>	6
Zirkoniumoxid	massiv	Wasser	36,8	0,10>	
Pyrex	massiv	Wasser	35,9	0,10>	
SUS	porös	Wasser	35,9	0,10>	6

	Kugeln	Käfig	Öl	Bewertung des Leistungsvermögens	
				U/min	Rotationsausdauerzeit
5	Siliciumnitrid	porös	Wasser	38,9	0,10>
10	Zirkoniumoxid	porös	Wasser	38,9	0,10>
	Pyrex	porös	Wasser	38,4	0,10>
15	SUS	Phenol	Wasser	34,2	0,10>
	Siliciumnitrid	Phenol	Wasser	37,2	0,10>
20	Zirkoniumoxid	Phenol	Wasser	37,2	0,10>
	Pyrex	Phenol	Wasser	37,2	0,10<

### C. Bewertung des Schmiervermögens verschiedener Schmieröle (Teil 2)

30 Bezüglich des Bio-Öls (nicht trocknendes Pflanzenöl, extra feines Olivenöl), welches in dem oben beschriebenen Bewertungstest B hervorragende Schmiereigenschaften zeigte, wurde ein ähnlicher Test unter Verwendung eines Schmieröls durchgeführt, welches von 100 Gewichtsteilen des Bio-Öls und 5 Gewichtsteilen eines Öl-absorbierenden Polymers ("PW-170") gebildet wurde.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 gezeigt.

35 Es wurden in der Spalte für "Öl" mit "Bio-Öl" extra reines Olivenöl bezeichnet, mit "Bio-Öl/A" ein Schmieröl bezeichnet, das aus einer Basisölkomponente (extra feines Olivenöl) und einem Öl-absorbierenden Acrylpolymer ("PW-170") gebildet wurde, und mit "Paraffinöl/A" ein Schmieröl, das aus Paraffinöl und einem Öl-absorbierenden Acrylpolymer ("PW-170") bestand.

In Tabelle 5 haben die Bezeichnungen in der Spalte für "Kugeln" und diejenigen in der Spalte für "Käfig" die gleichen Bedeutungen, wie sie oben in Verbindung mit Tabelle 4 erläutert wurde.



Tabelle 5

Kugeln	Käfig	Öl	Bewertung des Leistungsvermögens	
			U/min	Rotationsausdauerzeit
SUS	massiv	Bio-Öl	39,0	2,00
Siliciumnitrid	massiv	Bio-Öl	42,0	0,10>
Zirkoniumoxid	massiv	Bio-Öl	42,0	0,10>
Pyrex	massiv	Bio-Öl	41,0	0,10>
SUS	porös	Bio-Öl	41,0	25,5
Siliciumnitrid	porös	Bio-Öl	47,5	36<
Zirkoniumoxid	porös	Bio-Öl	47,5	36<
Pyrex	porös	Bio-Öl	47,0	36<
SUS	Phenol	Bio-Öl	38,0	23,5
Siliciumnitrid	Phenol	Bio-Öl	44,5	36<
Zirkoniumoxid	Phenol	Bio-Öl	44,5	36<
Pyrex	Phenol	Bio-Öl	44,5	36<
SUS	massiv	Bio-Öl/A	39,0	3,50
Siliciumnitrid	massiv	Bio-Öl/A	42,0	3,5>
Zirkoniumoxid	massiv	Bio-Öl/A	42,0	3,5>
Pyrex	massiv	Bio-Öl/A	41,0	3,5>
SUS	porös	Bio-Öl/A	41,0	110,25
Siliciumnitrid	porös	Bio-Öl/A	46,5	144<
Zirkoniumoxid	porös	Bio-Öl/A	46,5	144<
Pyrex	porös	Bio-Öl/A	46,0	144<

	Kugeln	Käfig	Öl	Bewertung des Leistungsvermögens	
				U/min	Rotationsausdauerzeit
5	SUS	Phenol	Bio-Öl/A	38,0	65,75
	Siliciumnitrid	Phenol	Bio-Öl/A	43,5	96<
10	Zirkoniumoxid	Phenol	Bio-Öl/A	43,5	96<
	Pyrex	Phenol	Bio-Öl/A	43,5	96<
15	SUS	massiv	Paraffin-Öl	38,2	0,50
	Siliciumnitrid	massiv	Paraffin-Öl	41,2	1,0>
20	Zirkoniumoxid	massiv	Paraffin-Öl	41,2	1,0>
	Pyrex	massiv	Paraffin-Öl	40,2	1,0>
25	SUS	porös	Paraffin-Öl	40,2	8,50
	Siliciumnitrid	porös	Paraffin-Öl	45,6	16<
	Zirkoniumoxid	porös	Paraffin-Öl	45,6	16<
30	Pyrex	porös	Paraffin-Öl	45,1	16<
	SUS	Phenol	Paraffin-Öl	37,2	6,75
35	Siliciumnitrid	Phenol	Paraffin-Öl	42,6	16<
	Zirkoniumoxid	Phenol	Paraffin-Öl	42,6	16<
40	Pyrex	Phenol	Paraffin-Öl	42,6	16<
	SUS	massiv	Paraffin-Öl/A	38,2	1,00
	Siliciumnitrid	massiv	Paraffin-Öl/A	41,2	1,0>
45	Zirkoniumoxid	massiv	Paraffin-Öl/A	41,2	1,0>
	Pyrex	massiv	Paraffin-Öl/A	40,2	1,0>
50	SUS	porös	Paraffin-Öl/A	40,2	17,00
	Siliciumnitrid	porös	Paraffin-Öl/A	45,6	24<
	Zirkoniumoxid	porös	Paraffin-Öl/A	45,6	24<
55	Pyrex	porös	Paraffin-Öl/A	45,1	24<
	SUS	Phenol	Paraffin-Öl/A	37,2	4,75
60	Siliciumnitrid	Phenol	Paraffin-Öl/A	42,6	8<
	Zirkoniumoxid	Phenol	Paraffin-Öl/A	42,6	8<
65	Pyrex	Phenol	Paraffin-Öl/A	42,6	8<

Wie in Tabelle 3 bis 5 gezeigt, können bei jedem erfindungsgemäßen Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende

Vorrichtung, insbesondere bei jedem Wälzlager, bei welchem die Wälzelemente (Kugeln) nichtmetallische, anorganische Kugeln sind und der Käfig von einem geformten amorphen Synthetikharzkörper gebildet wird, bemerkenswerte Schmiereigenschaften, die nicht mit herkömmlichen Schmiersystemen erzielt werden können, erzielt werden, insbesondere wenn ein Schmieröl verwendet wird, welches

- (i) von einem nicht trocknenden Pflanzenöl gebildet wird, oder
- (ii) von einem nicht trocknenden Pflanzenöl und einem Öl-absorbierenden Stoff gebildet wird, der von Öl-absorbierenden Harzpartikeln gebildet wird.

#### Patentansprüche

1. Wälzlager für eine mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung (A), das einen äußeren Ring (42), einen inneren Ring (41), Wälzelemente und einen Käfig (44) umfaßt, um mindestens eine Drehwelle (3) drehbar zu lagern, wobei:
  - (i) die Wälzelemente nichtmetallische anorganische Kugeln (43) sind;
  - (ii) der Käfig (44) von einem geformten porösen Synthetikharzkörper (44a) gebildet wird, der in mindestens einem Teil einen porösen Abschnitt (44b) aufweist, dessen Poren miteinander in Verbindung stehen; und
  - (iii) die Wälzelemente (43) und der Käfig (44) mit einem Schmieröl geschmiert sind.
2. Wälzlager gemäß Anspruch 1, wobei die nichtmetallischen anorganischen Kugeln (43) aus Nichtoxid-Keramikmaterial, Oxidkeramikmaterial, hitzefestem Glas oder kristallisiertem Glas gebildet sind.
3. Wälzlager gemäß Anspruch 1, wobei der geformte poröse Synthetikharzkörper (44a), der den porösen Abschnitt (44b) mit der durchgängigen Struktur aufweist und den Käfig (44) bildet, ein geformter Polyimidharzkörper mit einem porösen Abschnitt ist, dessen Porosität zwischen 5 und 20 Vol.-% liegt, oder ein geformter Phenolharzkörper ist, der als porösen Abschnitt mit einer durchgängigen Struktur eine Faserlage aufweist, deren Porosität zwischen 5 und 20 Vol.-% liegt.
4. Wälzlager gemäß Anspruch 3, wobei der geformte Polyimidharzkörper hergestellt wurde, indem ein Grünling aus einem Harzpulver gesintert wurde.
5. Wälzlager gemäß Anspruch 1, wobei das Schmieröl ein nicht trocknendes Pflanzenöl ist, das
  - (i) mindestens 60 Gew.-% mindestens einer einfach ungesättigten Fettsäure enthält, die mindestens eine ungesättigte Bindung pro Molekül enthält; und
  - (ii) mindestens 30 Gew.-% mindestens einer mehrfach ungesättigten Fettsäure enthält, die mindestens zwei ungesättigte Bindungen pro Molekül enthält.
6. Wälzlager gemäß Anspruch 5, wobei das nicht trocknende Pflanzenöl höchstens 10 Gew.-% eines Tokopherols enthält.
7. Wälzlager gemäß Anspruch 5, wobei das nicht trocknende Pflanzenöl eines oder mehrere Öle der aus Olivenöl, Erdnußöl und Oleysol-Öl bestehenden Gruppe umfaßt.
8. Wälzlager gemäß Anspruch 7, wobei das nicht trocknende Pflanzenöl höchstens 5 Gew.-% gesättigte und ungesättigte Fettsäuren enthält, die nicht mit Glycerin kombiniert sind (freie Fettsäuren).
9. Wälzlager gemäß Anspruch 1, wobei das Schmieröl ein Paraffinöl oder ein fluoriertes Öl ist.
10. Wälzlager gemäß Anspruch 5, wobei das Schmieröl ein nicht trocknendes Pflanzenöl ist, welches einen Öl-absorbierenden Stoff enthält, der Öl-absorbierende Harzpartikel umfaßt.
11. Wälzlager gemäß Anspruch 10, wobei der Öl-absorbierende Stoff ein quervernetztes Polymer umfaßt, das erhalten wird, indem ein Monomergemisch mit der folgenden Zusammensetzung polymerisiert wird:
  - (A) 90 bis 99,9 Gew.-% eines Monomers, welches einen Löslichkeitsparameter (SP-Wert) von höchstens 9 aufweist und eine polymerisierbare ungesättigte Gruppe pro Molekül enthält, und
  - (B) 0,1 bis 10 Gew.-% eines quer vernetzenden Monomers, das mindestens zwei polymerisierbare ungesättigte Gruppen pro Molekül aufweist.
12. Wälzlager gemäß Anspruch 11, wobei das Monomer (A) mindestens eine alipathische C<sub>3</sub>- bis C<sub>30</sub>-Kohlenwasserstoffgruppe und mindestens eine polymerisierbare ungesättigte Gruppe enthält, die aus der Restgruppen von Alkyl(meth)acrylaten, Alkylaryl(meth)acrylaten, Alkyl(meth)acrylamiden, Alkylaryl(meth)acrylamiden, Fettsäurevinylestern, Alkylstyrenen und  $\alpha$ -Olefinen umfassenden Gruppe ausgewählt ist.
13. Wälzlager gemäß Anspruch 10, wobei der Öl-absorbierende Stoff aus einem quervernetzten Polymer des Dien-Typs besteht, welches mittels Polymerisation eines Dienmonomers erhalten wurde.
14. Wälzlager gemäß Anspruch 9, wobei das Schmieröl ein Paraffinöl oder ein fluoriertes Öl ist, welches einen Öl-absorbierenden Stoff enthält, der Öl-absorbierende Harzpartikel umfaßt.
15. Wälzlager gemäß Anspruch 14, wobei der Öl-absorbierende Stoff ein quervernetztes Polymer umfaßt, das erhalten wird, indem ein Monomergemisch mit der folgenden Zusammensetzung polymerisiert wird:
  - (A) 90 bis 99,9 Gew.-% eines Monomers, welches einen Löslichkeitsparameter (SP-Wert) von höchstens 9 aufweist und eine polymerisierbare ungesättigte Gruppe pro Molekül enthält, und
  - (B) 0,1 bis 10 Gew.-% eines quer vernetzenden Monomers, das mindestens zwei polymerisierbare ungesättigte Gruppen pro Molekül aufweist.
16. Wälzlager gemäß Anspruch 15, wobei das Monomer (A) mindestens eine alipathische C<sub>3</sub>- bis C<sub>30</sub>-Kohlenwasserstoffgruppe und mindestens eine polymerisierbare ungesättigte Gruppe enthält, die aus der Restgruppen von Alkyl(meth)acrylaten, Alkylaryl(meth)acrylaten, Alkyl(meth)acrylamiden, Alkylaryl(meth)acrylamiden, Fettsäurevinylestern, Alkylstyrenen und  $\alpha$ -Olefinen umfassenden Gruppe ausgewählt ist.
17. Wälzlager gemäß Anspruch 14, wobei der Öl-absorbierende Stoff aus einem quervernetzten Polymer des Dien-Typs besteht, welches mittels Polymerisation eines Dienmonomers erhalten wurde.
18. Mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung, versehen mit einem Wälzlager (4) gemäß Anspruch 1, wobei an der

# DE 198 48 051 A 1

Drehwelle (3) Luftturbinenschaufeln (2) befestigt sind.

19. Mit hoher Drehzahl rotierende Vorrichtung gemäß Anspruch 18, die als odontotherapeutisches Luftturbinenhandstück vom Kugellagertyp ausgebildet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

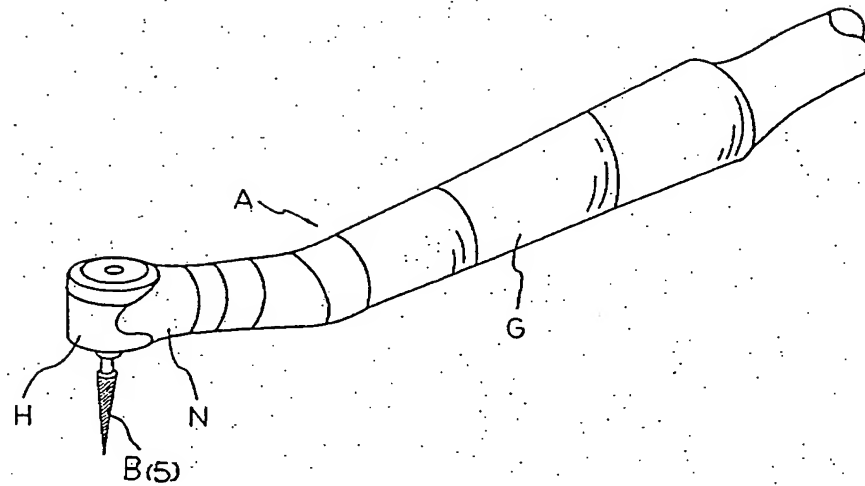
50

55

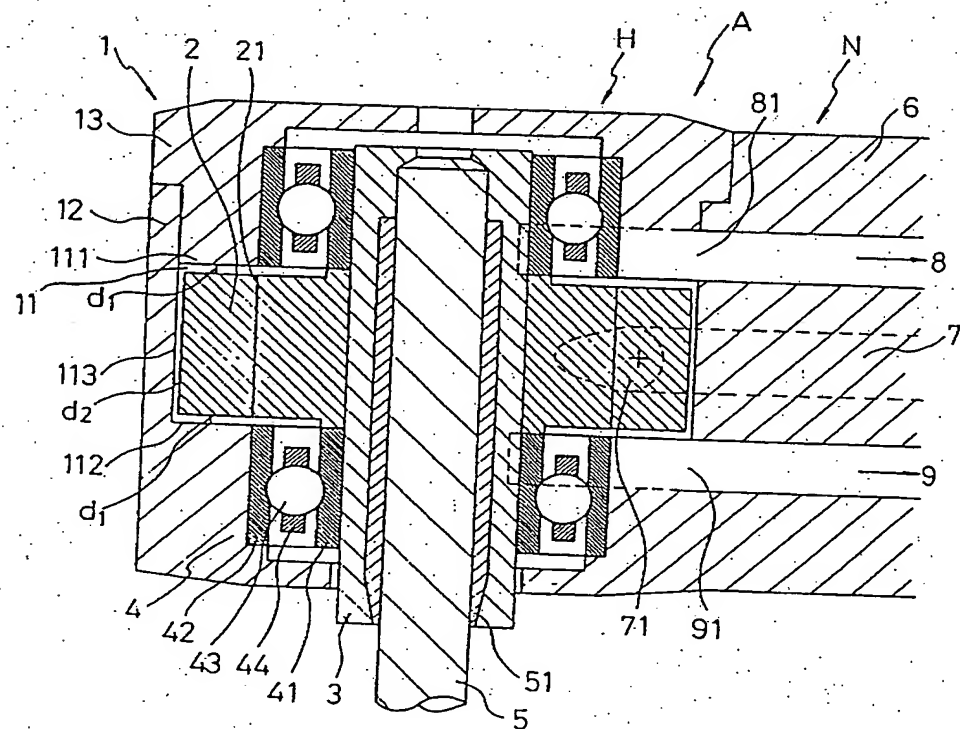
60

65

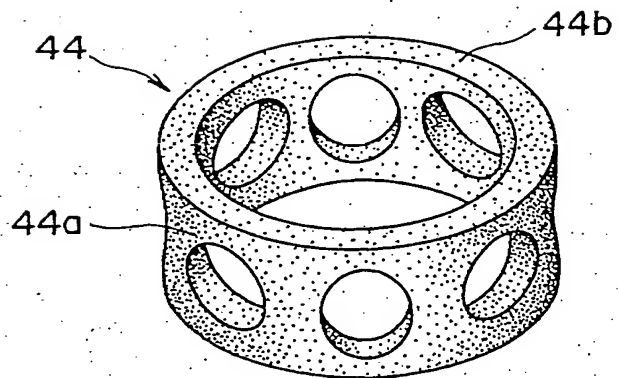
F i g. 1



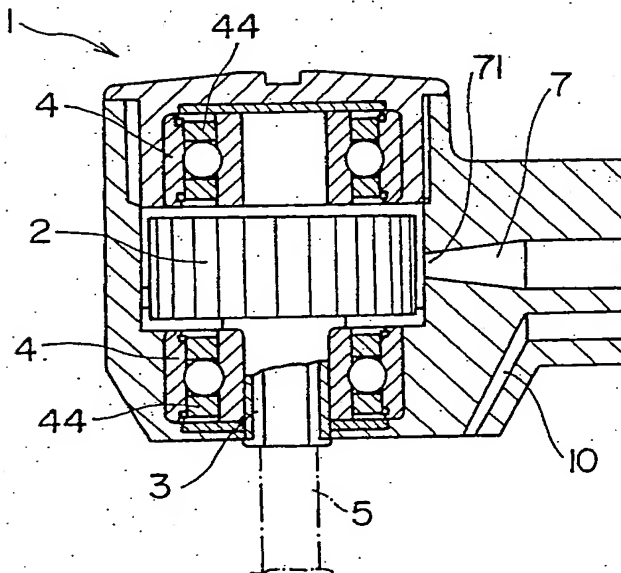
F i g. 2



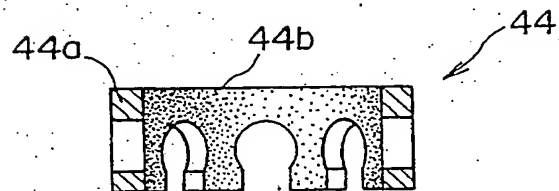
F i g . 3



F i g . 4



F i g . 5





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (11SP70)**